

การลดข้อผิดพลาดของการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนในโรงงานผลิตสี



นางสาวอรอนงค์ เชาวกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ERROR REDUCTION OF CORROSION RESISTANCE TESTING IN PAINT
MANUFACTURER



MISS ONANONG CHAOWAKUL

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การลดข้อผิดพลาดของการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนในโรงงานผลิตสี

โดย

นางสาว อรอนงค์ เชาวกุล

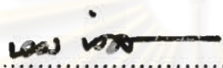
สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

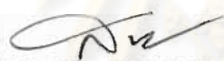
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก


รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย

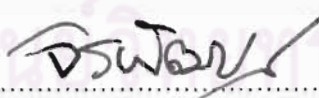
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

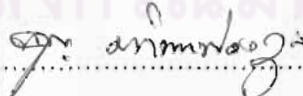

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

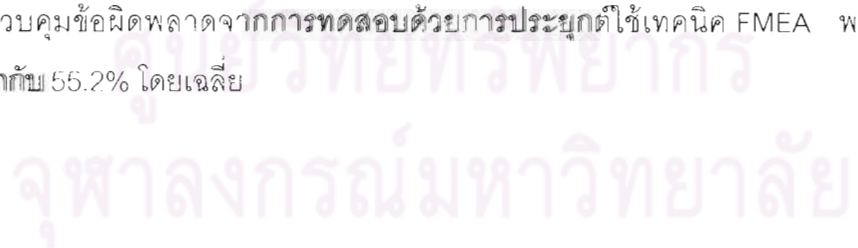

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เภาประเสริฐวงศ์)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิตาพงษ์กุล)

อรอนงค์ เชาวกุล: การลดข้อผิดพลาดของการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนใน
โรงงานผลิตสี (ERROR REDUCTION OF CORROSION RESISTANCE TESTING IN
PAINT MANUFACTURER.) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:รศ.ดำรงศักดิ์ ทวีแสงสกุลไทย,
201 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อผิดพลาดของการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนของห้องปฏิบัติการทดสอบในโรงงานผลิตสีโดยใช้แนวทางของข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วย
ความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบหรือสอบเทียบ ISO/IEC 17025:2005 ในการออกแบบ
และปรับปรุงความสามารถของห้องปฏิบัติการ และทำการออกแบบระบบการควบคุมข้อผิดพลาด
ของกระบวนการทดสอบโดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA, MSA และแผนภูมิควบคุมร่วมด้วย เพื่อ
เพิ่มความน่าเชื่อถือในการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการทดสอบ

ในขั้นตอนแรกทำการเก็บข้อมูลของปัญหาที่พบในกระบวนการทดสอบแต่ละขั้นตอน
และคัดเลือกปัญหาจากจำนวนครั้งของการเกิดปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโตเป็นเครื่องมือ และใช้
แผนภาพกังปลาร่วมกับเทคนิค Why-Why Analysis ในการค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาเพื่อ
ทำการออกแบบและปรับปรุง ซึ่งปัญหาที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำไปหาสาเหตุของปัญหา ได้แก่ (1) ผล
การทดสอบจากเครื่องมือทดสอบผิดพลาด (2) พนักงานวิเคราะห์ผลผิดพลาด และ (3) ค่า pH
ของน้ำเกลือไม่คงที่ หลังจากทำการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการทดสอบแล้ว พบว่ากรณี
พิจารณาจำนวนแผ่นทดสอบที่เสียหายลดลงจาก 56.25% เหลือ 30.67% โดยเฉลี่ย และกรณี
พิจารณาจำนวนครั้งการทดสอบที่ผิดพลาดพบว่าลดลงจาก 55% เป็น 25.2% โดยเฉลี่ย และเมื่อ
ทำการควบคุมข้อผิดพลาดจากการทดสอบด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA พบว่าค่า RPN
ลดลงเท่ากับ 55.2% โดยเฉลี่ย



ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2552

ลายมือชื่อผู้ผลิต อรอนงค์ เชาวกุล
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก [Signature]

5071526921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : CORROSION RESISTANCE TESTING / ISO/IEC 17025 / FMEA
TECHNIQUE/ TESTING PROCESS IMPROVEMENT.

ONANONG CHAOWAKUL: ERROR REDUCTION OF CORROSION
RESISTANCE TESTING IN PAINT MANUFACTURER. THESIS ADVISOR:
ASSOCIATE PROFESSOR DAMRONG TAWEESANGSAKULTHAI, 201 pp.

The objective of this research is to reduce and eliminate errors of corrosion resistance testing process in paint manufacture laboratory by applying general criteria of ISO/IEC 17025:2005 guideline on lab ability standard requirements and including statistical techniques, such as, control chart and MSA to increase lab ability and also design the error controlling system of corrosion resistance testing process by applying FMEA technique in order to increase lab credibility

All issue found during each step of testing process will be collected and count, then use Pareto Diagram and Why-Why analysis technique, to identify the root caused an opportunity for improvement, based on the result from above data 3 major problems has been point out (1) Error from testing tool (2) Error result from analysis operation (3) Unstable on salt water pH value. After the testing process improvement has been implemented when use an error control system error was reduced from 56.25% to 30.67% based on total number of testing panels and reduced from 55% to 25.2% base on total number of testing when FMEA technique was applied to control the error from testing, RPN was reduced to 55.2 % averagely.

Department : Industrial Engineering


Field of Study : Industrial Engineering

Academic Year : 2552

Student's Signature

อนันต์ ชาวกุล

Advisor's Signature



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลามาให้คำปรึกษา และให้ความรู้ต่างๆ พร้อมทั้งเอาใจใส่ดูแลตลอดการจัดทำ จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ณ ที่นี้ และขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชาย พัวจินดาเนตร กรรมการ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เกาประเสริฐวงศ์ และกรรมการภายนอก มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ จรุง มหิตาพองกุล ที่สละเวลามาให้คำแนะนำทำให้ วิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์

ส่วนหนึ่งของความสำเร็จในครั้งนี้ ได้รับความช่วยเหลือจากพี่ๆที่โรงงานกรณีศึกษา ที่ให้ ข้อมูล โอกาสในการเรียนรู้ และคอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกๆด้านตลอดระยะเวลา การจัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่เลี้ยงดูเป็นอย่างดี และเป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและทำให้งานวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของอุตสาหกรรมสี.....	1
1.2 ที่มาของปัญหา.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	7
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 การจัดทำระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025.....	9
2.2 แผนภาพสาเหตุและผล.....	12
2.3 แผนภูมิควบคุม.....	14
2.4 การวัดความสามารถของกระบวนการ.....	15
2.5 การวิเคราะห์หาการขัดข้องและผลกระทบ.....	17
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
3. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการดำเนินการทดสอบ.....	25
3.1 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการ.....	25
3.2 การวิเคราะห์ปัญหาการทดสอบ.....	27
3.2.1 กระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน.....	27
3.2.2 สภาวะการทดสอบด้วยเครื่อง Salt Spray Tester (SST).....	32

บทที่	หน้า
3.2.3 การค้นหาและคัดเลือกปัญหา.....	33
3.2.4 การวิเคราะห์ปัญหาและค้นหาสาเหตุของปัญหา.....	38
3.3 การประเมินข้อบกพร่องและการจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง.....	52
3.3.1 การประยุกต์เทคนิค FMEA.....	52
3.3.2 การประเมินข้อบกพร่องและการคำนวณค่า RPN.....	61
3.3.3 การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง.....	72
4 การออกแบบระบบการจัดการห้องปฏิบัติการทดสอบ.....	76
4.1 ขอบเขตของการออกแบบและปรับปรุงคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ.....	76
4.2 ผังโครงสร้างองค์กร.....	78
4.3 การทบทวนคำขอ ข้อเสนอการประมูล และข้อสัญญา.....	79
4.4 การจัดซื้อสินค้า สารเคมีและวัสดุสิ้นเปลือง.....	82
4.5 บุคลากร.....	88
4.6 สถานที่และสภาวะแวดล้อม.....	101
4.7 วิธีทดสอบและการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี.....	103
4.8 เครื่องมือและมาตรฐานอ้างอิง.....	113
4.9 การจัดการตัวอย่างทดสอบ.....	114
4.10 การประกันคุณภาพผลการทดสอบ.....	115
5 การควบคุมความผิดพลาดในกระบวนการทดสอบโดยใช้เทคนิค FMEA.....	125
5.1 การควบคุมแผ่นทดสอบ.....	126
5.2 การควบคุมสารเคมีที่ใช้ทดสอบ.....	129
5.3 การควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในห้องทดสอบ.....	133
5.4 การควบคุมกระบวนการทดสอบในเครื่อง SST.....	135
5.5 การควบคุมการทำงานของพนักงานทดสอบ.....	142
6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการดำเนินงานปรับปรุงแก้ไข.....	147
6.1 การเปรียบเทียบผลการออกแบบระบบการดำเนินการทดสอบความทนทานต่อ	147
การกัดกร่อน	
6.1.1 การเปรียบเทียบจำนวนความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการทดสอบ	147
ก่อน และหลังทำการปรับปรุง	
6.1.2 การเปรียบเทียบผลการออกแบบกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการ	148

บทที่	หน้า
กัณฑ์ก่อน โดยใช้ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025	
6.2 การเปรียบเทียบผลการปรับปรุงระบบควบคุมความผิดพลาดโดยใช้เทคนิค FMEA	151
7 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....	156
7.1 สรุปผลการดำเนินงานด้านการออกแบบระบบคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน ตามแนวทางของระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025	156
7.2 สรุปผลการจัดทำระบบควบคุมความผิดพลาดของกระบวนการทดสอบโดยใช้เทคนิค FMEA	157
7.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน.....	157
7.4 ข้อเสนอแนะ.....	158
รายการอ้างอิง.....	159
ภาคผนวก.....	161
ภาคผนวก ก.....	162
ภาคผนวก ข.....	179
ภาคผนวก ค.....	188
ภาคผนวก ง.....	199
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	201

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	หัวข้อการทดสอบสีตามมาตรฐาน JIS และ ASTM	3
1.2	ตารางแสดงข้อมูลการใช้งานและสิ่งผิดปกติที่พบในเครื่องมือแต่ละชนิด.....	5
3.1	ชนิดและรายละเอียดของเครื่องมือทดสอบคุณภาพสี.....	26
3.2	สภาวะการทดสอบในเครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน.....	32
3.3	การเปรียบเทียบการจัดการห้องปฏิบัติการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและลูกค้า	34
3.4	สรุปลักษณะปัญหาที่พบและความถี่ของการเกิดปัญหาในแต่ละกระบวนการ...	36
3.5	สรุปสาเหตุหลัก แนวทางแก้ไขและข้อกำหนด ISO/IEC 17025 ที่เกี่ยวข้อง.....	48
3.6	สรุปปัญหาและสาเหตุหลักของปัญหาในแต่ละกระบวนการ.....	50
3.7	ตารางเกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความรุนแรงจากลักษณะข้อบกพร่องในอุตสาหกรรมยานยนต์ (SEV)	55
3.8	ตารางเกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องในอุตสาหกรรมยานยนต์ (OCC)	56
3.9	ตารางเกณฑ์การให้คะแนนการควบคุมไม่ให้เกิดข้อบกพร่องในอุตสาหกรรมยานยนต์ (DET)	57
3.10	ตารางเกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความรุนแรงจากลักษณะข้อบกพร่องสำหรับกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (Sev)	58
3.11	ตารางเกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (Occ)	59
3.12	ตารางเกณฑ์การให้คะแนนความน่าจะเป็นของการตรวจจับข้อบกพร่องในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (Det)	60
3.13	แสดงระดับความรุนแรงและผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดปัญหานั้นในกระบวนการทดสอบ	62
3.14	ตารางแสดงการประเมินข้อบกพร่องและการคำนวณค่า RPN ของสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง	70
3.15	สรุปข้อบกพร่องและสาเหตุของข้อบกพร่องเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง.....	74

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนปฏิบัติงานและข้อกำหนดISO/IEC 17025:2005	77
4.2	ขอบเขตของการออกแบบและปรับปรุงห้องปฏิบัติการทดสอบ.....	78
4.3	ตารางแสดงรายละเอียดการทวนสอบวัสดุอ้างอิงและเครื่องมือทดสอบ.....	114
4.4	แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน	120
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์การลามของสนิมเปรียบเทียบระหว่างห้องปฏิบัติการทดสอบ	123
5.1	ตารางสรุปปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่ถูกคัดเลือกมาดำเนินการควบคุม.....	125
5.2	แบบบันทึกการตรวจสอบเครื่อง Salt Spray Tester ประจำวัน (Daily Check)..	137
5.3	แสดงผลการปรับปรุงเพื่อลดปัญหาของกระบวนการทดสอบโดยใช้เทคนิค FMEA	145
6.1	ตารางแสดงค่า RPN ที่ลดลงหลังจากการปรับปรุงในแต่ละสาเหตุของปัญหา...	155

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แผนภูมิแสดงสัดส่วนของสี่อุตสาหกรรมในประเทศไทย.....	2
1.2	แผนภูมิแสดงชนิดของสี่อุตสาหกรรมของบริษัทกรณีศึกษาที่ดำเนินการผลิตในปัจจุบัน	2
1.3	แผนภูมิแท่งแสดงความสำคัญต่อองค์ประกอบของสินค้าของลูกค้า.....	3
2.1	แสดงตัวอย่างแผนภาพก้างปลา.....	13
3.1	แสดงลักษณะของเครื่อง Salt Spray Test.....	27
3.2	แสดงแผนผังการควบคุมแผ่นทดสอบเพื่อรอทำการทดสอบ.....	28
3.3	แผนผังการทำการควบคุมแผ่นทดสอบหลังจากทำการทดสอบเสร็จ.....	29
3.4	แผนผังขั้นตอนการเตรียมน้ำเกลือ การเตรียมแผ่นทดสอบ และการทดสอบในเครื่อง Salt Spray Tester	30
3.5	แผนผังการวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	31
3.6	ตำแหน่งของการวิเคราะห์การลามของสนิม.....	32
3.7	แผนภูมิพาเรโตแสดงเปอร์เซ็นต์ของการเกิดปัญหากรณีพิจารณาแผ่นทดสอบ..	37
3.8	แผนภูมิพาเรโตแสดงเปอร์เซ็นต์ของการเกิดปัญหากรณีพิจารณาจำนวนครั้งที่เกิดข้อผิดพลาด	38
3.9	แผนภาพก้างปลาของปัญหาผลการทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนผิดพลาด	39
3.10	แผนภาพก้างปลาของปัญหาการวิเคราะห์ผลการทดสอบผิดพลาด.....	43
3.11	แผนภาพก้างปลาของปัญหาค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่.....	46
3.12	แสดงขั้นตอนการพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ในกระบวนการทดสอบ.....	54
3.13	แผนภูมิแสดงลำดับความสำคัญของสาเหตุของข้อบกพร่องและค่า RPN ที่คำนวณได้	73
4.1	แผนผังโครงสร้างองค์กร.....	79
4.2	แผนผังแสดงขั้นตอนการรับตัวอย่างทดสอบจนกระทั่งการออกไปรายงานผลการทดสอบ	80
4.3	แบบฟอร์มใบคำขอบริการ.....	81
4.4	ป้ายบอกสถานะของวัตถุดิบและสารเคมี.....	83

4.5	แผนผังแสดงขั้นตอนการทดสอบความสามารถของระบบวัด.....	95
	ภาพที่	หน้า
4.6	ตัวอย่างแบบฟอร์มการบันทึกผลการวิเคราะห์กรณีทำการศึกษาระบบวัด.....	96
4.7	ผลการคำนวณทางสถิติของระบบวัดโดยใช้ GR&R-ANOVA จากโปรแกรม Minitab ก่อนปรับปรุง	97
4.8	กราฟที่ได้จากการคำนวณ GR&R โดยใช้โปรแกรม Minitab ก่อนการปรับปรุง	98
4.9	กราฟที่ได้จากการคำนวณ GR&R โดยใช้โปรแกรม Minitab หลังการปรับปรุง	99
4.10	ผลการคำนวณทางสถิติของระบบวัดโดยใช้ GR&R-ANOVA จากโปรแกรม Minitab หลังปรับปรุง	100
4.11	แผนผังห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน.....	102
4.12	ห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน.....	103
4.13	กราฟ X-MR Chart ของค่า pH ใน collected water (1) ข้อมูลเดือน พฤศจิกายน 2551 (2) ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2552	110
4.14	(1) และ (2) แสดงปริมาณ collected water ทางด้านซ้ายและขวาตามลำดับ ก่อนปรับปรุง (3) และ (4) แสดงปริมาณ collected water ทางด้านซ้ายและขวา ตามลำดับ หลังทำการปรับปรุง	111
4.15	อุปกรณ์ที่ติดสติ๊กเกอร์แสดงรายละเอียดการผ่านการสอบเทียบ.....	113
4.16	เอกสารแสดงสถานะของแผ่นทดสอบ.....	115
4.17	แสดงขั้นตอนการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ.....	116
4.18	ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ.....	122
5.1	การควบคุมสถานะแผ่นทดสอบก่อนทำการปรับปรุง.....	127
5.2	ขั้นตอนการควบคุมสถานะแผ่นทดสอบหลังทำการปรับปรุง.....	127
5.3	แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนที่ถูกเพิ่มหัวข้อ การตรวจสอบลักษณะแผ่นทดสอบก่อนการทดสอบ	129
5.4	เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องปฏิบัติการทดสอบ.....	134
5.5	แบบบันทึกสถานะแวดล้อมภายในห้องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน....	135
5.6	รูปภาพแสดงสัญญาณแจ้งเตือนและคำสั่งปฏิบัติการกรณีสัญญาณดัง.....	136
5.7	แสดงพื้นที่การวางชิ้นงานทดสอบภายในเครื่องทดสอบ SST.....	141
5.8	แสดงท่าทางการวัดผลการทดสอบก่อนและหลังทำการปรับปรุง.....	143
6.1	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการทดสอบก่อนและหลังทำการ	148

	ปรับปรุง	
ภาพที่		หน้า
6.2	แสดงการเปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังทำการปรับปรุง.....	152



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

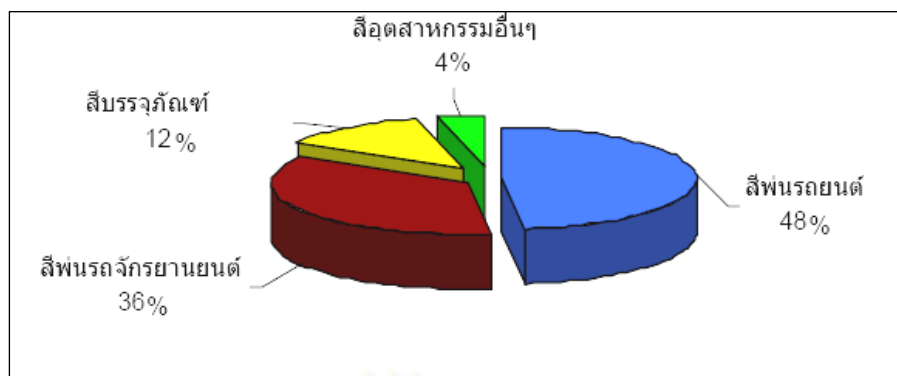
1.1 ความเป็นมาของอุตสาหกรรมสี

อุตสาหกรรมสีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวเนื่องกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ เป็นต้น ในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา ความต้องการใช้สีในธุรกิจและอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องต่างๆ ขยายตัวเพิ่มขึ้น อีกทั้งผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมสีและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง มีการยกระดับมาตรฐานการผลิต ด้วยการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยจากต่างประเทศมาใช้จนสามารถผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการบริโภคภายในประเทศที่มีสัดส่วนสูงถึงประมาณร้อยละ 70 ของการผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือส่งออกไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ

การผลิตสีของไทยเติบโตจากการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยภาครัฐบาลได้ให้การสนับสนุนมาโดยตลอด ทำให้อุตสาหกรรมมีการพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีผู้ประกอบการรวมทั้งสิ้นมากกว่า 200 ราย อุตสาหกรรมสีของไทยสามารถจำแนก ตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ สีทาอาคาร (Decorative Paint) และสีอุตสาหกรรม (Industrial Paint) โดยกำลังการผลิตของผู้ประกอบการรายใหญ่ มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 90-95 ของกำลังการผลิตทั้งหมด แม้ว่าประเทศไทยจะมีการใช้สีที่ผลิตได้ภายในประเทศก็ตาม แต่ก็ยังไม่เพียงพอกับความต้องการภายในประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสีที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

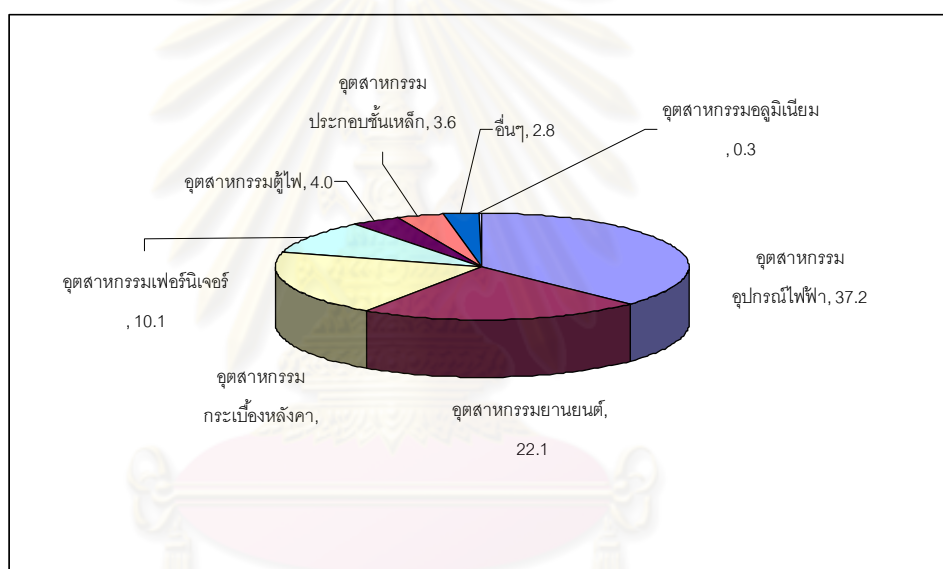
1.2 ที่มาของปัญหา

สีอุตสาหกรรมมีส่วนแบ่งตลาดในประเทศประมาณร้อยละ 53 หรือคิดเป็นมูลค่า 12,500 ล้านบาท สัดส่วนที่เหลือร้อยละ 47 เป็นมูลค่าตลาดของสีทาอาคาร โดยที่ปริมาณการผลิตสีโดยรวมมีประมาณ 2.4-2.6 แสนตันต่อปี รายละเอียดตามแผนภาพรูปที่ 1.1 โดยเปรียบเทียบกับรูปที่ 1.2 ซึ่งเป็นข้อมูลสีอุตสาหกรรมที่บริษัททำการผลิตในปัจจุบัน ดังนี้



ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทยรวบรวม

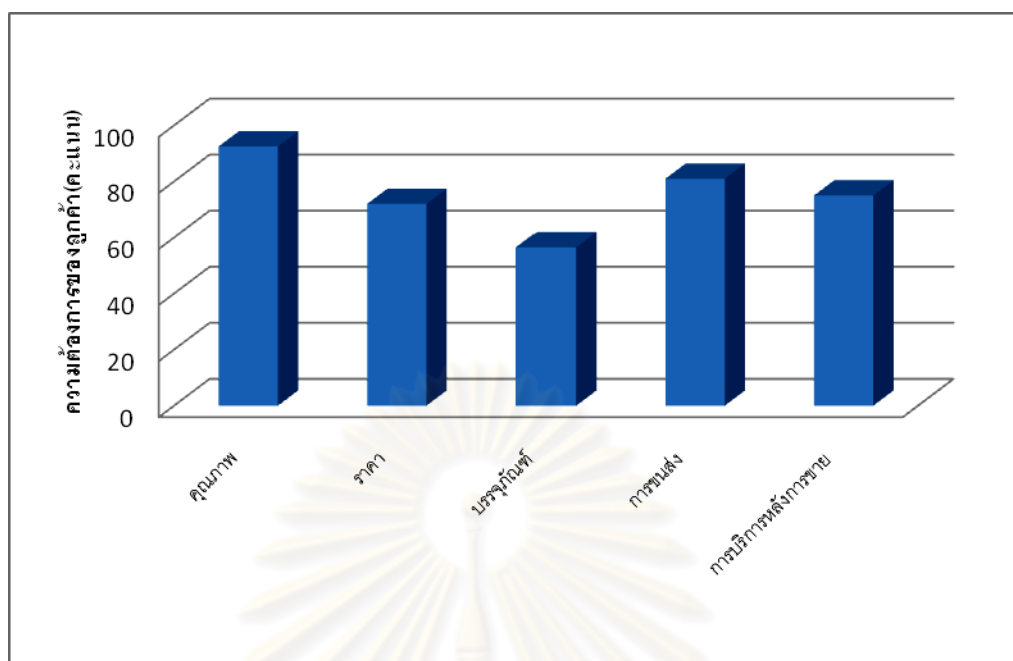
รูปที่ 1.1 แผนภูมิแสดงสัดส่วนของเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทย



ที่มา : จากการรวบรวมข้อมูล ปี 2551

รูปที่ 1.2 แผนภูมิแสดงชนิดของเสียอุตสาหกรรมของบริษัทกรณีศึกษาดำเนินการผลิตในปัจจุบัน

เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตสีรายหนึ่ง ในอดีตบริษัทนี้มุ่งขยายตลาดเฉพาะตลาดสีทาอาคาร แต่ในปัจจุบันจากข้อมูลพบว่า ตลาดสีอุตสาหกรรมมีมูลค่าสูงมากกว่าสีทาอาคาร ดังนั้นบริษัทนี้จึงต้องการเพิ่มส่วนแบ่งตลาดสีอุตสาหกรรมมากขึ้น บริษัทจึงเริ่มทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าประเภทสีอุตสาหกรรมของผู้บริโภคเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงและพัฒนาสินค้าต่อไป โดยการศึกษาเป็นการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภค ซึ่งเป็นลูกค้าของบริษัทกรณีศึกษาในส่วนของผลิตภัณฑ์สีอุตสาหกรรมมีทั้งหมด 85 ราย สามารถสรุปข้อมูลเกี่ยวกับการให้ความสำคัญต่อลักษณะของสินค้าสีอุตสาหกรรมได้ดังนี้



รูปที่ 1.3 แผนภูมิแท่งแสดงความสำคัญต่อองค์ประกอบของสินค้าของลูกค้า

จากแผนภูมิแท่งรูปที่ 1.3 พบว่า ลูกค้าให้ความสำคัญต่อคุณภาพของสินค้ามากที่สุด รองลงมาคือ การขนส่งสินค้าตรงเวลา การบริการหลังการขาย ราคาของสินค้า และความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ตามลำดับ ดังนั้นคุณภาพของสินค้าเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและน่าจะมีส่วนที่ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อสินค้ามากที่สุด โดยสี่อุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะต้องทดสอบคุณภาพด้านกายภาพและทางเคมีเพื่อกำหนดในด้านคุณภาพของสีเพื่อสร้างความมั่นใจต่อลูกค้า

ตารางที่ 1.1 หัวข้อการทดสอบสีตามมาตรฐาน JIS และ ASTM

หัวข้อการทดสอบ	วิธีทดสอบที่เป็นมาตรฐาน	
	Japanese std.	American std.
1. การทดสอบความหนาของฟิล์ม (Film Thickness)	JIS K 5400 3.5	ISO 2808
2. การทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact Resistance)	JIS K 5400 8.3.2	ASTM 2794
3. การทดสอบความแข็งของฟิล์ม (Pencil Hardness)	JIS K 5400 8.4.2	ASTM D 3363
4. การทดสอบการยึดเกาะของฟิล์มสี (Adhesion)	JIS K 5400 8.5.2	ISO 2409
5. การทดสอบความยืดหยุ่นของฟิล์ม (Bending Test)	JIS K 5400 8.1	ASTM D 552

ตารางที่ 1.1 หัวข้อการทดสอบที่ตามมาตราฐาน JIS และ ASTM

หัวข้อการทดสอบ	วิธีทดสอบที่เป็นมาตรฐาน	
	Japanese std.	American std.
6. ค่าความแตกต่างของเฉดสี (Color difference)	JIS K 5400 7.4.1	ASTM D2244-07
7. ความทนทานต่อสารละลายกรด (Acid Resistance)	JIS K 5400 8.22	ASTM D 451-01
8. ความทนทานต่อสารละลายด่าง (Alkali Resistance)	JIS K 5400 8.21	ASTM D1647-89
9. ความทนทานต่อการกัดกร่อน (Salt Spray Resistance)	JIS K 5400 9.1	ASTM B117

เนื่องจากในห้องปฏิบัติการทดสอบมีเครื่องมือและหัวข้อทดสอบหลายชนิดตามตารางที่ 1.1 ดังนั้นจึงต้องทำการคัดเลือกหัวข้อทดสอบที่สำคัญมาทำการศึกษา โดยคัดเลือกจากลักษณะการทำงานและจำนวนความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ใช้เครื่องมือแต่ละเครื่อง รายละเอียดดังตารางที่ 1.2 จากการศึกษาพบสิ่งผิดปกติหรือปัญหาที่เครื่องมือทดสอบ 4 ชนิด คือ เครื่องวัดความเงา เครื่องวัดเฉดสี เครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน และเครื่องทดสอบความแข็งของฟิล์ม เมื่อพิจารณาความถี่ของการใช้งานเทียบกับความถี่ของการเกิดสิ่งผิดปกติพบว่า เครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนมีอัตราส่วนของการเกิดปัญหามากที่สุด คือ 50% ของการทดสอบ ในขณะที่เครื่องวัดความเงามีอัตราส่วนของจำนวนครั้งการเกิดปัญหา 16.67% เครื่องวัดเฉดสี 23% และเครื่องทดสอบความแข็งของฟิล์ม 12.5% เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่ต้องทำการทดสอบซ้ำ เครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนต้องใช้ระยะเวลา นานมากจึงจะทดสอบเสร็จ ทั้งนี้เนื่องจาก หัวข้อการทดสอบที่มาตรฐานกำหนดใช้เวลา ค่อนข้างนาน ดังนั้นถ้าเกิดสิ่งผิดปกติที่การทดสอบนี้จะต้องเสียเวลาการทดสอบใหม่ค่อนข้างนาน เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบเมื่อเกิดปัญหา พบว่าเครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนเคยมี ประวัติถูก reject สินค้าเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 550000 บาท ทำให้สร้างความไม่น่าเชื่อถือให้กับลูกค้า จากความผิดพลาดดังกล่าว ทางห้องปฏิบัติการของบริษัทกรณีศึกษาจึงทำการเปรียบเทียบ มาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนระหว่างบริษัทกรณีศึกษากับบริษัท ลูกค้า พบว่าห้องปฏิบัติการของบริษัทกรณีศึกษาไม่มีการจัดการด้านคุณภาพทั้งในส่วนของการ บริหารจัดการและในส่วนของมาตรฐานวิธีการทดสอบส่งผลให้ผลการทดลองที่ได้ไม่มีความ น่าเชื่อถือและเกิดความผิดพลาดขึ้น ในส่วนเครื่องมือทดสอบอื่นๆ ไม่พบผลกระทบในลักษณะนี้

เนื่องจากเครื่องมือทดสอบอื่นมีการจัดการที่ไม่ยุ่งยากและทำได้ง่าย ดังนั้นในภาควิชาในจึงเลือก
เครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนมาทำการปรับปรุงคุณภาพการทดสอบ

ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงข้อมูลการใช้งานและสิ่งผิดปกติที่พบในเครื่องมือแต่ละชนิด

ชนิดของเครื่องมือ	ข้อมูลการใช้งาน		ข้อมูลของการเกิดปัญหา		ลักษณะปัญหาที่พบ	ผลกระทบจากการเกิดปัญหา
	ความถี่การใช้งาน เฉลี่ย/วัน	เวลาที่ใช้ครั้ง แรก	ความถี่เฉลี่ยของ การเกิดสิ่งผิดปกติ	เวลาที่ใช้ในการ ตรวจสอบซ้ำ/ครั้ง		
1. เครื่องวัดความหนาฟิล์ม	22 ครั้ง/วัน	17 วินาที	-	-	ไม่มี	-
2. เครื่องวัดความเงา	24 ครั้ง/วัน	46 วินาที	4 ครั้งต่อวัน	184 วินาที	เครื่องอ่านความเงาผิดพลาด	สร้างความไม่แน่ใจถือให้กับลูกค้า รายที่เชื่อมโยงกับผลการทดสอบ
3. เครื่องวัดความทนทานต่อ แรงกระแทก	14 ครั้ง/วัน	15 วินาที	-	-	ไม่มี	-
4. เครื่องวัดเคลือบสี	13 ครั้ง/วัน	52 วินาที	3 ครั้ง/วัน	156 วินาที	อ่านค่า L.a.b คลาดเคลื่อน	การแต่งตั้งของพนักงานผิดเพี้ยน ทำให้ ค่าวัดเคลือบสีตรงกับค่าของ Std.
5. เครื่องทดสอบความทนทาน การกัดกร่อน	4 ชิ้นงาน/ครั้งการ ทดสอบ	อย่างน้อย 240 ชั่วโมง	2 ชิ้นงาน/ครั้งการ สิ้นสุดการทดสอบ	อย่างน้อย 240 ชั่วโมงต่อการใช้ ทดสอบซ้ำต่อชิ้น	- ผลการทดสอบไม่สม่ำเสมอ - วิธีการทดสอบหลายขั้นตอน - การวิเคราะห์ผลการทดสอบผิดพลาด	ผลการทดสอบผิดพลาด สร้างความ ไม่แน่ใจถือให้กับลูกค้า และมีการ reject สินค้าจากลูกค้า จำนวน 555000 บาท เมื่อ ตุลาคม 2551
6. เครื่องทดสอบความแข็งแรงของฟิล์ม	16 ครั้ง/วัน	80 วินาที	2 ครั้ง/วัน	160 วินาที	ดินสอที่อ่อนกว่าจึงรอยไว้บนฟิล์ม มากกว่าดินสอเบอร์ที่แข็งกว่า	ผลการทดสอบผิดพลาด
7. เครื่องทดสอบความยืดหยุ่นของฟิล์ม	7 ครั้ง/วัน	37 วินาที	-	-	ไม่มี	-

ที่มา : จากกรเก็บข้อมูลการทดสอบตั้งแต่วันที่ 1-31 ม.ค. 2552 เวลาในการเก็บข้อมูล ตั้งแต่เวลา 8.00-17.00 น.

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ลดข้อผิดพลาดของการทดสอบโดยใช้ข้อกำหนดทั่วไปตามมาตรฐานการจัดการคุณภาพของห้องปฏิบัติการในการดำเนินการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ ISO/IEC 17025 เป็นแนวทาง
2. จัดทำระบบควบคุมความผิดพลาดของกระบวนการทดสอบโดยใช้เทคนิค FMEA

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะการทดสอบการทนทานต่อการกัดกร่อนของห้องปฏิบัติการทดสอบของโรงงานกรณีศึกษาเท่านั้น
2. งานวิจัยนี้ไม่มีจุดประสงค์ในการทำ ISO/IEC 17025 เพื่อทำการรับรอง (Accreditation)
3. งานวิจัยนี้ศึกษาการลดข้อผิดพลาดในการใช้เครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน
4. งานวิจัยนี้ศึกษาการทดสอบของพนักงานทดสอบสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนเพียงอย่างเดียว ไม่รวมการทดสอบอื่น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถค้นพบสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ผลการทดสอบผิดพลาด และสามารถควบคุมปัญหาที่เกิดขึ้นได้
2. ปรับปรุงวิธีการจัดการห้องปฏิบัติการทดสอบ ทำให้เพิ่มคุณภาพในการทดสอบมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความเชื่อมั่นต่อกระบวนการทดสอบ
3. สามารถนำเครื่องมือทางสถิติไปใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการทดสอบได้
4. สามารถเพิ่มการยอมรับความสามารถในการทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบและนำไปสู่การขอการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 ในอนาคต

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาขั้นตอนการทดสอบการทนทานต่อการกัดกร่อนอย่างละเอียด
2. ศึกษาข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025:2005 ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการจัดการห้องทดสอบการทนทานต่อการกัดกร่อน และศึกษาหลักการเครื่องมือทางสถิติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดข้อผิดพลาดและควบคุมกระบวนการทดสอบได้
3. ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดข้อผิดพลาดของการทดสอบของปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน
4. คัดเลือกปัญหาเพื่อนำมาวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิพาเรโต
5. ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบโดยใช้แผนภาพก้างปลาในการค้นหาสาเหตุ
6. คัดเลือกสาเหตุหลักที่ส่งผลต่อการทดสอบที่ผิดพลาดและหาแนวทางแก้ไข
7. ทำการปรับปรุงห้องปฏิบัติการทดสอบโดยใช้แนวทางตาม ISO/IEC 17025 และทำการควบคุมข้อผิดพลาดโดยประยุกต์เทคนิค FMEA มาใช้ในห้องปฏิบัติการทดสอบ โดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง
8. สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ
9. จัดทำเป็นรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	ระยะเวลาดำเนินการ											
	2551	2552										
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1. ศึกษาขั้นตอนการทดสอบการทนทานต่อการกัดกร่อนอย่างละเอียด	█											
2. ศึกษาข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 และศึกษาหลักการเครื่องมือ QC	█											
3. ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		█										
4. ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ		█										
5. คัดเลือกปัญหาเพื่อนำมาศึกษา			█									
6. คัดเลือกปัญหาหลักและทำการแก้ไข				█								
7. ปรับปรุงห้องปฏิบัติการทดสอบ					█							
8. สรุปการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ								█				
9. จัดทำเป็นรูปเล่มวิทยานิพนธ์										█		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดทำระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 17025 (ISO/IEC 17025) เป็นข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถห้องปฏิบัติการในการดำเนินการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ ซึ่งจะประกอบด้วยข้อกำหนดในการบริหารงานคุณภาพและข้อกำหนดด้านวิชาการ โดยมาตรฐานนี้สามารถนำมาใช้ได้กับทุกองค์กรที่มีการดำเนินกิจกรรมการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ

มาตรฐานการบริหารคุณภาพสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ ISO/IEC 17025 มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบที่ต้องการแสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการมีการดำเนินงานด้านระบบคุณภาพมีความสามารถทางวิชาการ ผลการทดสอบและสอบเทียบที่ออกโดยห้องปฏิบัติการเป็นที่เชื่อถือได้ว่ามาตรฐานนี้ใช้ได้กับทุกห้องปฏิบัติการ โดยไม่จำกัดจำนวนบุคลากร หรือขนาดของขอบข่ายของกิจกรรม การทดสอบ/สอบเทียบ ถูกต้องตามหลักวิชาการ
- ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบของหน่วยรับรอง
- ใช้ในการยืนยันและยอมรับความสามารถของห้องปฏิบัติการโดยผู้ใช้บริการ ห้องปฏิบัติการหรือองค์กรที่มีอำนาจตามกฎหมาย

ความสำคัญของการรับรองห้องปฏิบัติการ ได้แก่

1. การให้การประกันว่าขั้นตอนการดำเนินงานหรือวิธีการทดสอบถูกต้องตามหลักวิชาการ
2. ให้การยอมรับความสามารถ (Competency) ของบุคลากร
3. ให้การประกันว่าผลการทดสอบถูกต้อง
4. ให้การรับรองระบบบริหารงานคุณภาพ

ประโยชน์ของการนำมาตรฐาน ISO/IEC 17025 มาใช้และได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ ได้แก่

1. เพิ่มขีดความสามารถของห้องปฏิบัติการให้เป็นที่ยอมรับทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ
2. ทำให้เกิดความมั่นใจในคุณภาพและความน่าเชื่อถือในรายงานผลการทดสอบหรือผลการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการสอบเทียบและทดสอบ
3. ทำให้เกิดการยอมรับรายงานผลการทดสอบและรายงานผลการสอบเทียบที่ออกโดยห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง
4. อำนวยผลประโยชน์และความสะดวกทางการค้าระดับประเทศและระดับระหว่างประเทศ
5. ลดการกีดกันทางการค้า อันเนื่องมาจากการทดสอบและการตรวจสอบซ้ำจากประเทศคู่ค้า
6. ได้รับการยอมรับให้เป็นหน่วยตรวจสอบของหน่วยงานเจ้าของกฎระเบียบ

หัวข้อของข้อกำหนดทางด้านวิชาการที่นำมาใช้เป็นแนวทาง ได้แก่

5.2 บุคลากร

5.2.1 ผู้บริหารห้องปฏิบัติการต้องมั่นใจในความสามารถของบุคลากรที่ใช้เครื่องมือเฉพาะที่ดำเนินการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ ที่ประเมินผล และที่ลงนามในรายงานผลทดสอบและใบรับรองการสอบเทียบ ในกรณีที่ใช้บุคลากรที่อยู่ในระหว่างฝึกสอนงานต้องจัดให้มีการควบคุมงานตามความเหมาะสม บุคลากรผู้ปฏิบัติงานเฉพาะทางต้องมีคุณสมบัติพื้นฐานทางด้านการศึกษา การฝึกอบรม และประสบการณ์ และ/หรือความชำนาญที่แสดงให้เห็นเหมาะสมตามที่กำหนด

5.3 สถานที่และสิ่งแวดล้อม

5.3.1 สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆในห้องปฏิบัติการทดสอบและ/หรือการสอบเทียบ รวมถึงแหล่งพลังงาน ไฟฟ้า แสงสว่างและภาวะแวดล้อมต้องอยู่ในสภาพที่เอื้ออำนวยให้เกิดทำการทดสอบและ/หรือสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง

5.3.2 ห้องปฏิบัติการต้องมีการไฟระวังก ความคุมและบันทึกสภาวะแวดล้อมต่างๆตามที่กำหนดไว้ในเกณฑ์กำหนด วิธีการ และขั้นตอนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง หรือในกรณีที่ภาวะแวดล้อมต่างนั้นมีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลทดสอบหรือสอบเทียบ

5.3.4 ต้องมีการควบคุมการเข้าออกและการใช้พื้นที่ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของการทดสอบ/สอบเทียบ

5.3.5 ต้องมีมาตรการ เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการดูแลรักษาความสะอาดเป็นอย่างดีในห้องปฏิบัติการ

5.4 วิธีทดสอบ/สอบเทียบ และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี

5.4.2 การเลือกวิธี

ห้องปฏิบัติการต้องใช้วิธีทดสอบ/สอบเทียบ รวมถึงวิธีการชักตัวอย่าง ที่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า และเหมาะสำหรับการทดสอบ/สอบเทียบที่ดำเนินการโดยต้องเลือกวิธีการที่มีการตีพิมพ์เป็นมาตรฐานระหว่างประเทศ ระดับภูมิภาค หรือระดับประเทศก่อนห้องปฏิบัติการต้องมั่นใจว่าได้ใช้มาตรฐานฉบับที่ใช้ได้ล่าสุด

5.5 เครื่องมือ

5.5.2 เครื่องมือ และซอฟต์แวร์ของเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ สอบเทียบ และการชักตัวอย่างต้องสามารถให้ผลที่มีค่าความแม่นยำได้ตามต้องการ ต้องมีการจัดทำโปรแกรมสอบเทียบสำหรับปริมาณหรือค่าหลักที่สำคัญของเครื่องมือ

5.8 การจัดการตัวอย่างทดสอบและสอบเทียบ

5.8.1 ห้องปฏิบัติการต้องมีขั้นตอนการดำเนินการจัดการขนส่ง การรับ การจัดการ การป้องกัน การเก็บรักษา การจัดเก็บตามระยะเวลาที่กำหนดและ/หรือทำลายตัวอย่างทดสอบและ/หรือสอบเทียบ

5.9 การประกันคุณภาพผลการทดสอบและการสอบเทียบ

5.9.1 ห้องปฏิบัติการต้องมีขั้นตอนการดำเนินงานในการควบคุมคุณภาพเพื่อใ้ภาระวัง ความใช้ได้ของการทดสอบและสอบเทียบที่ดำเนินการ ข้อมูลที่ได้ต้องรับการบันทึกไว้ในลักษณะที่สามารถตรวจสอบแนวโน้มต่างๆได้ และถ้าทำได้ต้องใช้วิธีทางสถิติในการทบทวนผลต่างๆด้วย

2.2 แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนภาพแสดงเหตุและผลนี้เป็นแผนภาพที่เป็นประโยชน์มากในการนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลสำหรับปัญหาที่พิจารณา โดยได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1943 โดยศาสตราจารย์ Kaoru Ishikawa อดีตศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว โดยครั้งแรก Dr.Ishikawa ได้ใช้แผนภาพสาเหตุและผลนี้ในการอธิบายถึงวิธีการในการตรวจจับและแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพในการผลิตให้แก่กลุ่มวิศวกรจาก Kawasaki steel works

เนื่องจากแผนภาพสาเหตุและผลนี้มีลักษณะโครงสร้างคล้ายก้างปลา ดังนั้นอาจเรียกแผนภาพนี้อีกชื่อว่า แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือแผนภาพอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) เพื่อเป็นเกียรติแก่ Dr.Ishikawa ผู้ริเริ่มแผนภาพนี้ขึ้นมา

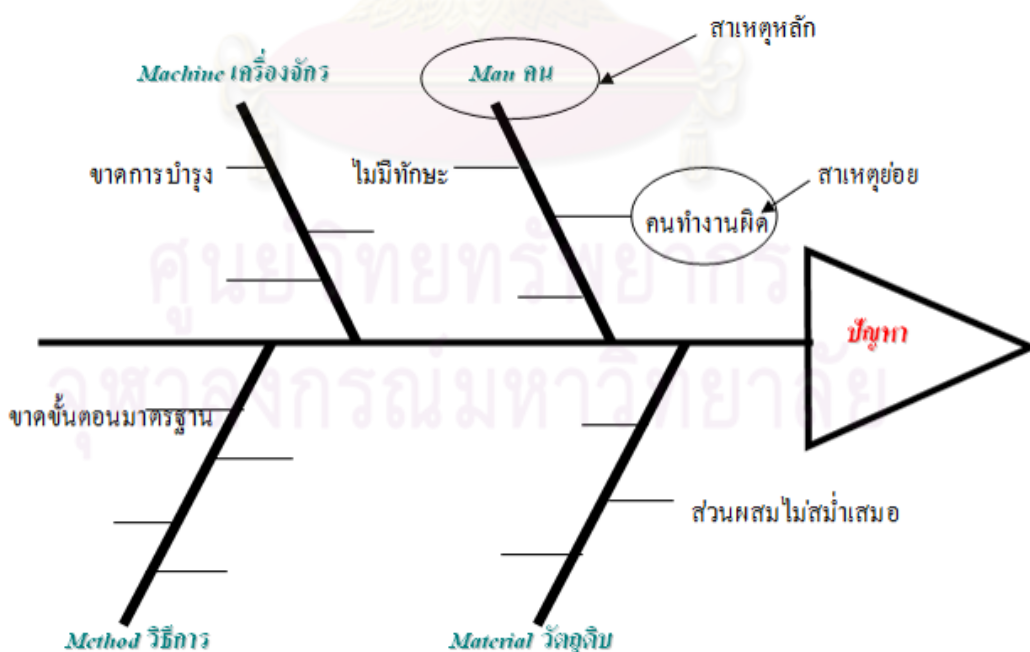
Ishikawa (1996) ได้เสนอรูปแบบพื้นฐานของแผนภาพสาเหตุและผลนี้มี 3 ประเภทด้วยกันคือ

- 1) การวิเคราะห์การกระจาย จะเป็นการแสดงถึงระดับของสาเหตุต่างๆที่มีผลต่อปัญหา ในการสร้างแผนภาพนี้ มีข้อแนะนำ 4 ประการซึ่งทำให้สร้างแผนภาพสาเหตุและผลที่มีประสิทธิผล ดังนี้

1.1) แผนภาพสาเหตุและผลควรสร้างขึ้นจากการรวบรวมความคิดจากทุกคน

1.2) แผนภาพสาเหตุและผล ควรจะมีการหมั่นทบทวนเพื่อแก้ไขอย่างสม่ำเสมอ

- 1.3) การใช้ภาษาพูด หรือภาษาเขียนในแผนภาพสาเหตุและผล จะต้องมีการระบุเฉพาะเจาะจง อย่าใช้คำที่มีความหมายกว้างๆ
- 1.4) หากมีการสร้างแผนภาพด้วยกิจกรรมกลุ่มย่อยแล้ว สมาชิกกลุ่มจะต้องตระหนักตลอดเวลาว่า “ไม่วิวในการประสานความคิด” ทั้งนี้ด้วยระลึถึงจุดประสงค์ (What) สถานที่ (Where) ลำดับเวลา (When) บุคลากร (Who) วิธีการ (How) โดยการถามว่าทำไม (Why)
- 2) การจำแนกตามกระบวนการผลิต แผนภาพแสดงสาเหตุและผลนี้จะมีลักษณะส่วนใหญ่เหมือนกับแบบแรก จะแตกต่างกันเฉพาะการประยุกต์เท่านั้น โดยแผนภาพแบบนี้จะเป็นการแสดงถึงกระบวนการที่พิจารณา ทั้งนี้โดยแยกแสดงผลกระทบที่มีต่อกันและต่อลักษณะสมบัติที่แสดงปัญหา
- 3) การกำหนดรายการสาเหตุ วิธีกำหนดรายการสาเหตุจะประกอบไปด้วยการระดมสมองถึงสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ทั้งหมด แล้วเขียนลงในรายการตามลำดับที่นำเสนอ เมื่อมีการระดมสมองเสร็จสิ้นแล้ว จึงจะเริ่มต้นรวบรวมการจัดหมวดหมู่ของสาเหตุ เช่นเดียวกับวิธีการวิเคราะห์การกระจาย



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างแผนภาพก้างปลา

แผนภาพก้างปลาแบบกำหนดรายการสาเหตุนี้ จะเหมาะสมกับปัญหาเรื้อรัง ที่ผู้วิเคราะห์มีความต้องการที่จะปรับปรุงคุณภาพด้วยการหาสาเหตุจากระบบเพื่อการเปลี่ยนแปลง

2.3 แผนภูมิควบคุม (Control chart)

คือ กราฟเส้นแสดงระดับของเครื่องชี้วัดคุณภาพตามลำดับที่เกิดเหตุการณ์พร้อมกับค่าสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) และขีดจำกัดควบคุม (control limit) ซึ่งจะใช้ศึกษาความไม่ผันแปร (variation) และประเมินความคงตัว (stability) ของระบบหรือกระบวนการ

แผนภูมิควบคุมนำหน้าข้อมูลทุกเหตุการณ์มานำเสนอ ทำให้เห็นภาพความไม่แน่นอนของระบบได้ดีที่สุด ผิดกับการนำเสนอเฉพาะค่าสรุปเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean standard deviation) ซึ่งทิ้งรายละเอียดต่างๆไปหมด แผนภูมิควบคุมทำให้สามารถแยกแยะเหตุการณ์ผิดปกติ (ซึ่งมีสาเหตุพิเศษ) ออกจากเหตุการณ์ปกติ (ซึ่งมาสาเหตุฝังอยู่ในระบบ) การวิเคราะห์นี้จะนำไปสู่การตัดสินใจว่าจะแก้ปัญหาพิเศษ (ซึ่งเป็นความรับผิดชอบของผู้ปฏิบัติงาน) หรือปรับปรุงระบบ (ซึ่งเป็นความรับผิดชอบของผู้บริหาร) จุดประสงค์ใช้เพื่อใช้ศึกษาสถานการณ์ของระบบเมื่อเริ่มต้นโครงการ ใช้ติดตามผลเมื่อมีการปรับปรุงระบบงานไปแล้ว

ขั้นตอน เลือกระบวนการและเครื่องชี้วัด

1. เลือกระบวนการ
2. กำหนดเครื่องชี้วัดคุณภาพ
3. เครื่องชี้วัดนี้ คือสิ่งที่เราต้องการ Monitor และต้องกำหนด operational definition เพื่อการเก็บข้อมูลด้วย
4. เก็บข้อมูลและสร้างกราฟ
5. เก็บข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บควรให้ได้ข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกันหรืออยู่ในสถานการณ์เดียวกัน (homogeneous) จำนวนอย่างน้อย 25 เหตุการณ์ นำข้อมูลมาสร้างเป็นกราฟเส้นสร้างกราฟเส้นตามลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น หากข้อมูลมีลักษณะต่างกันหรืออยู่คนละสถานการณ์ (เช่น เวลารอคอยที่ 8.00 น. กับเวลารอคอยที่ 10.00 น.) ควรแยกกราฟเป็นคนละภาพ คำนวณค่าสถิติของ control chart ตามลักษณะของข้อมูล

	x-chart	p-chart
ประเภทข้อมูล	variable, continuous (ข้อมูลจากการนับ)	attribute, discrete (ข้อมูลจากการนับ)
ค่าเฉลี่ย	\bar{x}	\bar{p}
ขีดจำกัดควบคุม (control limit)	$\bar{x} \pm 3SD$	$\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

หมายเหตุ: \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการวัด SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

\bar{p} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการนับซึ่งคำนวณเป็นสัดส่วน

\bar{n} คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนเหตุการณ์ที่เป็นตัวหารของค่าสัดส่วน

ถ้ามีข้อมูลโดยอยู่นอก control limit จะตัดข้อมูลนั้นออก แล้วคำนวณค่า mean และ control limit ใหม่, ทำซ้ำจนกว่าจะไม่มีค่าโดยอยู่นอก control limit อีก จึงถือว่าเป็นค่าสถิติที่แท้จริงของระบบนั้น ในการเขียนกราฟจะนำข้อมูลของทุกเหตุการณ์เข้ามา plot ในกรณีที่จำนวนเหตุการณ์ที่เป็นตัวหาร (n) ใน p-chart จุดใดจุดหนึ่งมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ย (\bar{p}) มากกว่าร้อยละ 25 ให้คำนวณค่า control limit ตรงจุดนั้นตามสูตร;

$$\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

ดำเนินการให้เหมาะสม ถ้ามีเหตุการณ์ผิดปกติหรือสาเหตุพิเศษ เป็นหน้าที่ของผู้ปฏิบัติงานต้องแก้ไข ถ้าเป็นสาเหตุที่ฝังอยู่ในตัวระบบเอง เป็นหน้าที่ของผู้บริหารที่จะต้องดำเนินการปรับปรุงเป้าหมายของการปรับปรุงแก้ไขมีลำดับขั้นดังนี้

ขั้นแรกคือการจำกัดสาเหตุพิเศษของความไม่แน่นอน

ขั้นที่สองคือการลดความไม่แน่นอนโดยที่ค่าเฉลี่ยยังไม่เปลี่ยนแปลง(หรือทำให้ control limit แคบลง)

ขั้นที่สามคือการลดระดับค่าเฉลี่ยของปัญหาหรือเพิ่มค่าเฉลี่ยของคุณภาพ

2.4 การวัดความสามารถของกระบวนการ

การวิเคราะห์ระบบการวัดนี้ มีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด ด้วยการจำแนกสาเหตุ และเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของค่าวัดมี

ทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้และกำจัดไม่ได้ จึงมีความจำเป็นต้องกำจัดปริมาณที่สามารถกำจัดได้ก่อน ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด

ในการสอบเทียบเพื่อลดและกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบนี้ มีความจำเป็นต้องพิจารณา 3 ประเด็นหลัก คือ (1) ขนาดความไม่แน่นอนของค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว (2) ประเภทของข้อมูลที่ใช้ประเมินความไม่แน่นอน (3) วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนที่ได้ โดยปกติแล้วการประเมินความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบนี้จะแสดงผลในรูปของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (absolute errors) และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative errors) โดยที่

$$\begin{aligned} \text{ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์} &= X - \mu \\ \text{และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์} &= \frac{X - \mu}{\mu} \times 100\% \end{aligned}$$

หลังจากกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบแล้ว จะมีการลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มด้วยการประเมินถึงแหล่งความผันแปรต่างๆ ทั้งจากเครื่องมือวัด พนักงานวัด ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อค่าวัด

$$\begin{aligned} \text{ค่าวัด } (X_{ij}) &= \text{ค่าจริงของงาน } (\mu) + \text{ค่าไบอัส } (b) \\ &+ \text{ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านชิ้นงาน } (\alpha_i) \\ &+ \text{ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านพนักงาน } (\beta_j) \\ &+ \text{ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุร่วมของชิ้นงานกับพนักงาน } (\alpha\beta)_{ij} \\ &+ \text{ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุแบบสุ่ม } (\epsilon_{ij}) \end{aligned}$$

$$\text{หรือ } X_{ij} = \mu + b + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

โดยกำหนดค่าวัดในรูปของความผันแปร (measurement variation) ได้ว่า

$$\sigma_x^2 = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_{\alpha\beta}^2 + \sigma_\epsilon^2$$

การวิเคราะห์ระบบวัด (MSA) จะเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดค่าวัดที่ได้เพื่อแยกแหล่งความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part-to-Part Variation; PV) พนักงานวัด (Appraiser Variation; AV) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation; IV) และแหล่งผันแปรอื่นๆที่ไม่สามารถควบคุมได้โดยธรรมชาติ ทั้งนี้โดยปกติมักจะมีแหล่งผันแปรหลักๆมาจากอุปกรณ์วัด (Equipment Variation; EV) ทั้งนี้การวิเคราะห์ระบบการวัดจะอยู่ภายใต้ค่าที่ได้จากการประเมินผลระบบวัด (Measurement System Evaluation; MSE)

เมื่อมีการวิเคราะห์ถึงความผันแปรจากระบบการวัด (Measurement System Variation; MSV) จะทำการประเมินเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ (specification) หรือความผันแปรจากระบบการผลิต (Manufacturing Process Variation; MPV) ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ต้องพยายามทำให้ความผันแปรจากระบบการวัดมีค่าต่ำกว่าข้อกำหนดเฉพาะความผันแปรจากระบวนการผลิตเสมอ

2.5 การวิเคราะห์อาการขาดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

FMEA หรือ Failure Mode and Effect Analysis (การวิเคราะห์อาการขาดข้องและผลกระทบ) ได้รับการพัฒนาขึ้นมาครั้งแรกสำหรับโครงการอวกาศของ NASA ในช่วงทศวรรษ 1950 ต่อมา ได้มีการขยายไปยังอุตสาหกรรมยานยนต์ โดย FMEA เป็นการรวบรวมส่วนที่เป็นการจัดการความเสี่ยงและส่วนที่สนับสนุนด้านการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเข้าด้วยกัน ดังนั้น FMEA จึงกลายเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนากระบวนการและผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการ The Advance Product Quality Planning (APQP) ได้ระบุประเด็นสำคัญไว้ 5 หัวข้อสำหรับการพัฒนากระบวนการ

- 1) โปรแกรมในการวางแผนและจำกัดความ
- 2) การออกแบบผลิตภัณฑ์การพัฒนา
- 3) การออกแบบกระบวนการและการพัฒนา
- 4) การยืนยันผลิตภัณฑ์และกระบวนการ
- 5) การตอบกลับ การประเมินและดำเนินการอย่างถูกต้อง

การวิเคราะห์ FMEA ไม่ควรพิจารณาเพียงเหตุการณ์เดียวแต่ควรพิจารณาผลระยะยาวเกี่ยวกับกระบวนการและผลิตภัณฑ์เพื่อให้มั่นใจว่าลักษณะข้อบกพร่องหลักถูกประเมินและกำหนดมาตรการเพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น

ชนิดของ FMEA แบ่งออกเป็น 4 ประเภท

1. FMEA สำหรับระบบ
2. FMEA สำหรับการออกแบบ
3. FMEA สำหรับกระบวนการ
4. FMEA สำหรับงานบริการ

ในการประยุกต์ใช้ FMEA นี้จะให้ประโยชน์หลายประการด้วยกันดังนี้คือ

1. ช่วยในการประเมินผลของแบบที่ได้จากการออกแบบทั้งความต้องการด้านหน้าที่และทางเลือกในการออกแบบ
2. การประเมินออกแบบเพื่อผลิตเบื้องต้น
3. ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ ความไว้วางใจ ตลอดจนความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และการบริการ
4. ช่วยในการลดต้นทุนที่ซ่อนเร้นของกระบวนการผลิตทำให้องค์กรสามารถเพิ่มอำนาจการแข่งขันทางธุรกิจระยะยาวได้ดี
5. ช่วยเพิ่มความมั่นใจและความพอใจให้แก่ลูกค้า
6. ช่วยในการลดต้นทุนและเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งมีผลให้วางตลาดผลิตภัณฑ์ใหม่ได้เร็วยิ่งขึ้น
7. ช่วยในกระบวนการป้องกันข้อบกพร่อง
8. ช่วยเพิ่มศักยภาพด้านเทคโนโลยีเฉพาะด้าน ให้แก่คณะกรรมการ FMEA ในระหว่าง การดำเนินการ

9. ช่วยในการกำหนดลำดับก่อนหลังสำหรับการปรับปรุงคุณภาพโดยผ่านตัวเลขวิเคราะห์ความเสี่ยง
10. ช่วยในการบ่งชี้ถึงความผิดพลาด ที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆของการออกแบบและกระบวนการ และกำหนดแนวทางในการป้องกันต่อไป
11. ช่วยในกระบวนการบ่งชี้ปัจจัยที่คาดว่าจะ เป็นสาเหตุสำคัญของปัญหา เพื่อดำเนินการพิสูจน์และแก้ไขต่อไป
12. ช่วยในการบ่งชี้ถึงวิธีการวินิจฉัยการออกแบบและกระบวนการ

ในการดำเนินการ FMEA ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดนั้น จะต้องมีการดำเนินงานตามแนวคิดขั้นพื้นฐาน 3 ประการ ดังนี้

1. การดำเนินการโดยคณะทำงาน (Team)

การดำเนินงาน FMEA จะต้องอยู่บนพื้นฐานของกลุ่มคณะทำงาน FMEA ที่ประกอบด้วยบุคลากรที่เกี่ยวข้องของคณะทำงานที่ดีควรมีสมาชิกข้ามสายงาน (Cross functional team) ซึ่งควรประกอบด้วยฝ่ายวิจัยและพัฒนา ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายประกันคุณภาพ ฝ่ายผลิต ฝ่ายตรวจสอบ รวมถึงฝ่ายการตลาด

Stamatis ได้กำหนดองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อการดำเนินการเพิ่มผลผลิตของคณะทำงาน FMEA ไว้ 3 ประการคือ คุณสมบัติเฉพาะบุคคล การบริหารคณะทำงาน และวัฒนธรรมองค์กร องค์ประกอบที่มีความสำคัญมากที่สุดในอุตสาหกรรมไทยคือวัฒนธรรมองค์กร ซึ่งหมายถึง วิธีคิด (Think) วิธีปฏิบัติ (Practice) ความเห็น (Opinion) และความเชื่อ (Believe) ของบุคลากรในองค์กรต่อปัญหาคุณภาพ

2. การวิเคราะห์หน้าที่ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ

โดยเริ่มจากการกำหนดกระบวนการที่ต้องการศึกษา แล้วทำการบ่งชี้ถึงหน้าที่ (functional) ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ โดยให้วิเคราะห์ว่ามีอะไรที่จะทำให้หน้าที่ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการดังกล่าวไม่ได้รับการตอบสนอง ซึ่งผลดังกล่าวจะหมายถึงข้อบกพร่อง (failure) ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และจะเรียกลักษณะของข้อบกพร่องนี้ว่า “ลักษณะของข้อบกพร่อง

(failure mode)” ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ (process concept) เพื่อกำหนดสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่อง

เมื่อทำการวิเคราะห์หน้าที่ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการเพื่อกำหนดลักษณะข้อบกพร่อง และได้กำหนดถึงสาเหตุลักษณะของข้อบกพร่อง ตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้นแล้ว ผู้วิเคราะห์จะต้องทำการประเมินค่าความเสี่ยง (risk) โดยอาศัยตัวเลขประเมินลำดับก่อนหลังของความเสี่ยง (risk priority number, RPN) คือ

$$RPN = S \times O \times D$$

โดย S = ความรุนแรง (Severity) ที่พิจารณาจากผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นแก่ลูกค้า

O = โอกาสที่เกิดขึ้น (Occurrence) ของลักษณะข้อบกพร่องที่การพิจารณาจากความเป็นไปได้ (likelihood) ในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง

และ D = ความสามารถตรวจจับ (Detection) ที่พิจารณาได้จากคุณสมบัติด้านความสามารถของระบบการควบคุมที่ใช้ในปัจจุบัน

3. การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องไม่มีวันสิ้นสุด

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับ FMEA จะต้องได้รับการทบทวนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งต้องทำให้เอกสารอยู่ในลักษณะของเอกสารที่มีชีวิต คือการปรับปรุงเพื่อให้ระบบดีขึ้นเรื่อยๆ

ขั้นตอนทั่วไปของการจัดทำ FMEA

ในการดำเนินงาน FMEA ให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดจะต้องดำเนินการภายใต้รูปแบบคณะทำงานหรือทีม โดยมีขั้นตอนทั่วไปในการจัดทำ ดังนี้

1. การกำหนดกลยุทธ์ในการจัดทำ FMEA

เนื่องจากการจัดทำ FMEA มีรายละเอียดค่อนข้างมาก ดังนั้นการวิเคราะห์ FMEA สำหรับทุกๆ กระบวนการในการผลิตจึงเป็นสิ่งที่เกือบจะเป็นไปไม่ได้เลย จึงมีความจำเป็นต้องเลือกกระบวนการบางกระบวนการขึ้นมาวิเคราะห์ โดย FMEA ควรพิจารณาถึง มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีใหม่ ผลิตภัณฑ์ได้รับการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก มีปัญหาเรื้อรังของกระบวนการที่

เกิดขึ้น มีการควบคุมการทำงานของพนักงานค่อนข้างมาก และมีความผันแปรค่อนข้างสูง โดยไม่ทราบสาเหตุ

2. การทบทวนกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้คณะทำงาน FMEA จะต้องทำความเข้าใจกับกระบวนการที่ได้รับเลือก โดยการทำความเข้าใจนี้ควรเริ่มต้นจากการทำกระบวนการให้อยู่ในรูปของแผนภาพหรือแผนภูมิแสดงการไหลของกระบวนการ ในกรณีที่กระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการที่มีใช้งานอยู่แล้ว การศึกษาควรอยู่ภายใต้หลักแนวความคิดตามหลักการของความเป็นจริงในพื้นที่ปฏิบัติงาน 3 ประการ (หลักการ 3G) โดยมีความหมายว่า (1) ไปยังสถานที่เกิดเหตุจริง (Genba) (2) เพื่อสังเกตของจริง (Genbutsu) และ (3) ภายใต้อสภาพแวดล้อมจริง (Genjitsu) เพื่อค้นหาสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น ทั้งนี้มีความจำเป็นที่ผู้สังเกตจะต้องเข้าใจถึงสถานะที่ควรจะเป็นของกระบวนการโดยอาศัยหลักความคิดหลักอีก 2 ประการคือ หลักการทางทฤษฎี (Genri) และระเบียบกฎเกณฑ์ (Gensoku) เข้ามารวมกับแนวความคิดตามหลักการของความเป็นจริงในพื้นที่ปฏิบัติงาน 3 ประการ (หลักการ 3G) ทำให้ได้คำว่า “หลักการ 5G” เนื่องจากมีคนจำนวนมากนำเอาหลักการ 3G ไปปฏิบัติจริง หากแต่ยังขาดหลักการและทฤษฎีอยู่ เพราะหลักการ 3G ไม่ได้รวมเอาสิ่งที่เป็นมาตรฐานในการตัดสินใจเข้าไปด้วย ทำให้การตัดสินใจเกิดจากประสบการณ์ที่เคยผ่านซึ่งถือเป็นการตัดสินใจที่ยังไม่เหมาะสมเนื่องจากขาดหลักการ

3. การระดมสมองเพื่อหาแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง

ในการระดมสมองนอกจากรวบรวมความคิดเห็นด้านลักษณะข้อบกพร่อง ควรให้สมาชิกแต่ละคนเสริมต่อความคิดจากการอภิปรายกลุ่มร่วมกันด้วย

4. การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการ

โดยเริ่มจากการพิจารณาถึงลูกค้าที่หมายถึงกระบวนการถัดไปจนกระทั่งถึงผู้ใช้สุดท้าย แล้วพิจารณาว่าข้อบกพร่องดังกล่าวมีผลกระทบประการใดต่อลูกค้า

5. การประเมินตัวเลขแสดงความเสี่ยง

ภายหลังจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการแล้ว ให้ทำการประเมินผลค่าความเสี่ยงโดยพิจารณาจากองค์ประกอบสามรายการ คือ ความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง (S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (O) และความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง (D)

6. การกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อลดความเสี่ยง

7. การประเมินผลความเสี่ยงภายหลังการปฏิบัติการตอบโต้

หลังจากมีมาตรการตอบโต้แล้วผู้วิเคราะห์จะต้องประเมินความเสี่ยงในรูปแบบ RPN โดยอาศัยกฎเกณฑ์เดิมอีกครั้งเพื่อพิจารณาว่าความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องลดลงหรือไม่

8. ติดตามผลและจัดทำมาตรฐาน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pierre Masson (2007)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเทคนิคการควบคุมคุณภาพมาใช้ควบคุมวิธีการทดลองและเครื่องมือวิเคราะห์เพื่อทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยนำแผนภูมิควบคุมไปใช้ควบคุมคุณภาพของกรวิเคราะห์ทางเคมีที่ใช้เครื่อง HPLC โดยค้นหาพารามิเตอร์ที่ส่งผลทำให้เกิดการทดลองผิดพลาด หลังจากนั้นนำแผนภูมิควบคุมไปควบคุมพารามิเตอร์นั้นๆให้อยู่ภายใน control limit จากการทดลองสามารถนำแผนภูมิควบคุมไปประยุกต์ใช้เพื่อระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของระบบได้และลดความแปรผันของผลการทดลองได้

B.S. Dhillon (2003)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการที่สามารถช่วยลดข้อผิดพลาดจากการวิเคราะห์ด้านสุขภาพและเพิ่มความน่าเชื่อถือจากการทดลองโดยใช้คน วิธีที่นำมาศึกษามี 9 วิธี ได้แก่ FMEA, root and effect analysis, FTA, แผนภูมิแกงปลา, Hardzard operability study, error cause remove program, man-machine system analysis, และ Markov methods งานวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้วิธีทั้ง 9 วิธี เพื่อแก้ปัญหาด้านการวิเคราะห์เกี่ยวกับสุขภาพในห้องปฏิบัติการทดสอบได้

Tina Engeland, ETTY Feller, and Zahava Nizri (2003)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลักการของ ISO/IEC 17025 และ the Organization for Economic Cooperation and Development good laboratories practice (OECD GLP) โดยศึกษาถึงความคล้ายกันของทั้งสองหลักการ ความคล้ายกันของทั้งสองหลักการ คือ หัวข้อการบริหารองค์กร หน้าที่ความรับผิดชอบ วิธีทดสอบที่เป็นมาตรฐาน การสอบเทียบและการใช้เครื่องมือ การฝึกอบรมพนักงาน การใช้วัสดุอ้างอิงอย่างถูกต้องและการรายงานผลการทดสอบ

สิริวรรณ ชื่นวัฒนโกวิทช์ (2550)

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดความผิดพลาดของปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบสมรรถนะการชักสำหรับเครื่องชักผ้าแบบใบพัดและใบกวน และออกแบบการควบคุมการทดสอบระดับจุดปฏิบัติงาน โดยนำแนวทางของข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ (ISO/IEC 17025) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ ด้วยแผนภูมิควบคุมของชีวฮาร์ท โดยปัญหาหลักมี 5 ข้อ ได้แก่ (1) พนักงานทดสอบ (2) อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ (3) สารเคมี/วัสดุที่ใช้ทดสอบและตัวอย่างทดสอบ (4) วิธีการทดสอบ และ (5) มาตรฐานการจัดการของห้องปฏิบัติการ หลังจากดำเนินการทดลองพบว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการลดลง นอกจากนี้การใช้แผนภูมิควบคุมของชีวฮาร์ท ยังสามารถตรวจจับความผิดปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เชาวรัตน์ จันประดับ (2545)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความผันแปรของการทดสอบ และปริมาณทดสอบซ้ำของห้องปฏิบัติการทดสอบทางโลหวิทยาของบริษัทตัวอย่าง โดยการปรับปรุงระบบคุณภาพเชิงเทคนิคด้วยการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดบางรายการของระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025) ปัญหาที่พบในการวิจัยนี้ได้แก่ ปริมาณงานทดสอบซ้ำมาก และมีค่าความผันแปรในการทดสอบสูง หลังจากดำเนินการประยุกต์ระบบที่ออกแบบตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025 ทำให้ปริมาณงานทดสอบซ้ำลดลง ความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบในหลายรายการทดสอบปรับตัวดีขึ้นและมีการพัฒนาระบบเอกสารต่างๆอย่างเป็นระบบ

ปิยวัฒน์ รัตนสุภา (2545)

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาคำแนะนำมาตรฐานในกระบวนการแต่งตั้งในโรงงานผลิตดี โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องด้านศักยภาพและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ขอบข่ายงานวิจัยเน้นถึงสี่อัลคิดโดยทำการศึกษาปัญหาหลัก ผลการวิเคราะห์สามารถนำไปสู่การจัดทำระบบประกันคุณภาพ ได้แก่ วิธีการทำงานมาตรฐาน แผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน เป็นต้น ผลจากการทำระบบประกันคุณภาพพบว่าเวลาที่ใช้ในการแต่งตั้งลดลงจาก 233 นาที ไปเป็น 147 นาทีและในส่วนของ ค่าตัวเลขความเสี่ยงชี้้นำ (Risk priority number, RPN) ลดลง 73 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ในขบวนการหลัก

ฤทัย บัวชุม (2543)

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการบริหารคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบน้ำมัน เพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการทดสอบน้ำมัน โดยนำเอามาตรฐาน ISO/IEC Guide 25 ซึ่งเป็นมาตรฐานของระบบคุณภาพสำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบและทดสอบ โดยทำการวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบให้สอดคล้องกับข้อกำหนด หลังจากทดลองใช้ระบบบริหารคุณภาพที่ทำการปรับปรุงได้ทำการประเมินโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตรวจสอบซ้ำ ผลสรุปคือเปอร์เซ็นต์การตรวจสอบซ้ำหลังออกแบบระบบคุณภาพลดลงเฉลี่ย 1.38

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการดำเนินการทดสอบ

3.1 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทกรณีศึกษานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ห้องปฏิบัติการทดสอบสีทาอาคาร ห้องปฏิบัติการทดสอบสีอุตสาหกรรม และห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือ เนื่องจากเครื่องมือทดสอบส่วนใหญ่ต่างชนิดกันและจำนวนเครื่องมือค่อนข้างมากจึงต้องทำการแบ่งห้องปฏิบัติการทดสอบเป็น 2 ส่วนตามชนิดของสี โดยห้องปฏิบัติการที่จะทำการศึกษาและปรับปรุงคุณภาพ คือ ห้องปฏิบัติการทดสอบสีอุตสาหกรรม เนื่องจากลูกค้าสีอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มุ่งเน้นในคุณภาพของสีโดยหัวข้อที่ทำการทดสอบค่อนข้างมากและหลากหลายซึ่งประกอบไปด้วยการทดสอบทางกายภาพและทางเคมีขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า นอกจากนี้ลูกค้าส่วนใหญ่ต้องการความมั่นใจได้ในผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบซึ่งลูกค้าทำการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการทดสอบของลูกค้าและของผู้ผลิตสี กรณีที่ผลการทดสอบออกมาต่างกันผลการทดสอบที่ได้จากผู้ผลิตสีต้องมีความน่าเชื่อถือจึงจะสามารถทำให้ลูกค้ายอมรับได้

หัวข้อและวิธีทดสอบคุณภาพสินค้าในห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทนี้ โดยส่วนใหญ่ทดสอบตามมาตรฐาน JIS และ ASTM ในส่วนของสีอุตสาหกรรมและสีบางส่วนทดสอบตามมาตรฐานมอก. โดยลูกค้าที่นิยมใช้มาตรฐาน Japanese Industry Standard (JIS) เป็นมาตรฐานในการทดสอบส่วนใหญ่เป็นบริษัทญี่ปุ่นหรือเป็นบริษัทที่ทำการค้ากับบริษัทญี่ปุ่นส่วนมาตรฐาน ASTM นั้นกลุ่มบริษัทที่นิยมใช้ได้แก่กลุ่มบริษัททางยุโรป และมาตรฐาน มอก. ส่วนใหญ่เป็นลูกค้าทั่วไป ที่ขายผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ หรือเป็นสินค้าอุปโภคบริโภคทั่วไป ซึ่งมาตรฐานทั้งสามมีวิธีการทดสอบที่คล้ายกัน โดยมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในด้านข้อกำหนดของเครื่องมือที่ใช้ทดสอบและลักษณะของการอ่านผลการทดสอบ ถึงแม้ว่าการใช้มาตรฐานการทดสอบกำหนดวิธีทดลองและการอ่านผลทดสอบเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันแล้ว แต่ผลการทดลองอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ อาจเนื่องจากเครื่องมือทดสอบ ตัวบุคคลที่ทำการทดสอบและการจัดการคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการทดสอบ ซึ่งล้วนมีผลต่อความถูกต้องและแม่นยำทั้งสิ้น ในส่วนของเครื่องมือทดสอบ แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ชนิดและรายละเอียดของเครื่องมือทดสอบคุณภาพสี

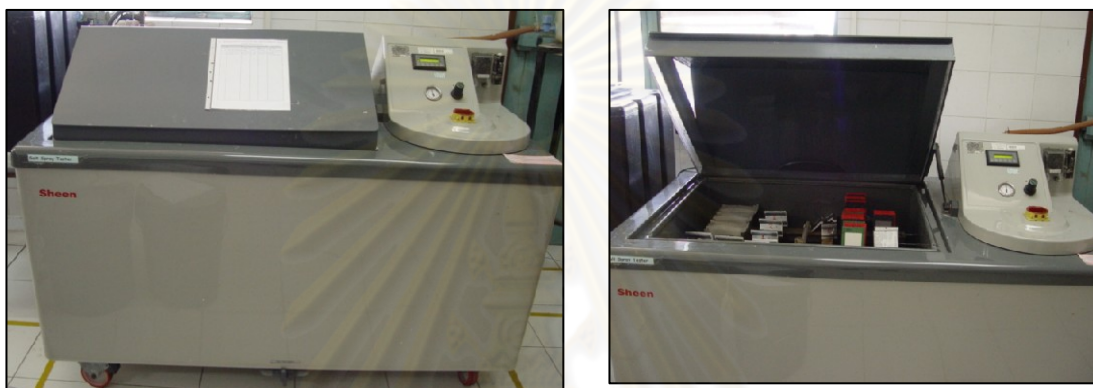
เครื่องมือทดสอบ	ความถี่ของการสอบเทียบ	ช่วงสอบเทียบ	ความละเอียด
1. เครื่องวัดความหนาฟิล์ม	ทุก 6 เดือน	0-500 ไมครอน	1 Micron
2. เครื่องวัดความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact)	ทุก 60 เดือน	Weight/Distance	1/10"
3. เครื่องวัดชนิดสี spectrophotometer	ทุก 2 เดือน	Calibrate plate	0.01
4. เครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (Salt spray tester)	ทุก 12 เดือน	0-2 ml/35°C	0.1°C
5. เครื่องทดสอบความแข็งของฟิล์มสี (Pencil Hardness)	ทุก 12 เดือน	740-760 กรัม	-
6. เครื่องทดสอบความยืดหยุ่นของฟิล์ม (Bending Test)	ทุก 60 เดือน	1/4"-1 1/4"	1/4"

ในตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบคุณภาพสี ซึ่งกำหนดระยะเวลาการสอบเทียบ ช่วงการสอบเทียบ และความละเอียดของเครื่องมือโดยขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ความถี่ของการใช้งาน และลักษณะของเครื่องมือ เครื่องมือแต่ละเครื่องหากเกิดสิ่งผิดปกติขึ้น เช่น เครื่องมือวัดผิดปกติแต่ผู้ใช้งานไม่ทราบ เครื่องมือไม่ได้สอบเทียบเนื่องจากเลยกำหนดการสอบเทียบเป็นเวลานาน เป็นต้น อาจส่งผลต่อความแม่นยำและความถูกต้องของค่าที่ทำการวัด กรณีที่ผลการทดสอบเกิดความผิดพลาดขึ้นเนื่องมาจากเครื่องมือทดสอบ สามารถนำความผิดปกติที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์ลักษณะปัญหาและความถี่ของการเกิดปัญหาซ้ำและผลกระทบจากการเกิดปัญหาเพื่อคัดเลือกเครื่องมือทดสอบที่มีปัญหามากที่สุดมาทำการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1.2 ในบทที่ 1 ซึ่งสรุปได้ว่า หัวข้อทดสอบที่มีข้อผิดพลาดมากที่สุดและมีผลกระทบต่อความมั่นใจของลูกค้าในประสิทธิภาพการทดสอบของห้องปฏิบัติการ คือ การทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน ซึ่งเป็นหัวข้อการทดสอบที่ถูกนำมาวิเคราะห์และแก้ปัญหาต่อไป

3.2 การวิเคราะห์ปัญหาการทดสอบ

3.2.1 กระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

การทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนเป็นการทดสอบทางเคมี เพื่อทดสอบความทนต่อการเกิดสนิมของสี ซึ่งอยู่ภายใต้สภาวะที่มีละอองน้ำเกลือและความชื้นสัมพัทธ์สูงตลอดเวลา ในส่วนของอุณหภูมิและความเข้มข้นของน้ำเกลือจะถูกควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งเครื่องมือหลักที่ใช้ในการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนนี้ คือ เครื่อง Salt Spray tester (SST) ซึ่งมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของเครื่อง Salt Spray Test

เครื่องมือทดสอบมีลักษณะเป็นระบบปิด ข้างในเครื่องจะมีที่วางชิ้นงานเป็นมุม 30 องศา ในส่วนของการทำงานของเครื่องนั้น ภายในเครื่องจะมีหัว Nozzle อยู่ตรงกลางเครื่องทำหน้าที่ สเปรย์น้ำเกลือออกมาในลักษณะคล้ายหมอกโดยใช้แรงดันลมในการสเปรย์ ที่ตัวเครื่องจะมี Pressure gage เป็นเครื่องชี้บอกและปรับเปลี่ยนความดันภายในเครื่องในขณะทำการทดสอบ นอกจากนี้ในเครื่อง SST จะถูกควบคุมอุณหภูมิขณะทำการทดสอบ โดยมีหน้าจอบอกสภาวะการ ทดสอบของเครื่อง โดยแสดงทั้งค่าที่ปรับตั้งและค่าที่เกิดขึ้นในขณะทำการทดสอบ กระบวนการ ทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนนี้ แบ่งออกเป็น 5 กระบวนการย่อยๆ ดังนี้

1. กระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบ
 2. กระบวนการเตรียมแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบ
 3. กระบวนการเตรียมน้ำเกลือ
 4. กระบวนการทดสอบในเครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (Salt Spray Tester, SST) และ
 5. กระบวนการวิเคราะห์ผลการทดสอบ
- กระบวนการทั้ง 5 ขั้นตอนสามารถเขียนเป็นแผนผัง ดังต่อไปนี้

1) กระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบ

การควบคุมแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบ จะแบ่งการควบคุมแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบ ออกเป็น 2 กรณี คือ ควบคุมแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบเพื่อรอทำการทดสอบ การควบคุมในกรณีนี้เพื่อป้องกันการเกิดสนิม ซึ่งอาจทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ อีกกรณีหนึ่งควบคุมแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบหลังทำการทดสอบเสร็จ เพื่อให้สนิมที่เกิดขึ้นลามออกไปน้อยที่สุด ทั้งนี้ผู้ทำการทดสอบอาจนำแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบที่ทดสอบเสร็จแล้วมาวิเคราะห์ในส่วนอื่นๆ หรืออาจทำการวัดซ้ำ ขึ้นอยู่กับผู้ทำการทดสอบ โดยการควบคุมแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบสามารถเขียนแผนผังของกระบวนการได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

1.1) กรณีที่ทำการควบคุมแผ่นทดสอบเพื่อรอทำการทดสอบ



รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังการควบคุมแผ่นทดสอบเพื่อรอทำการทดสอบ

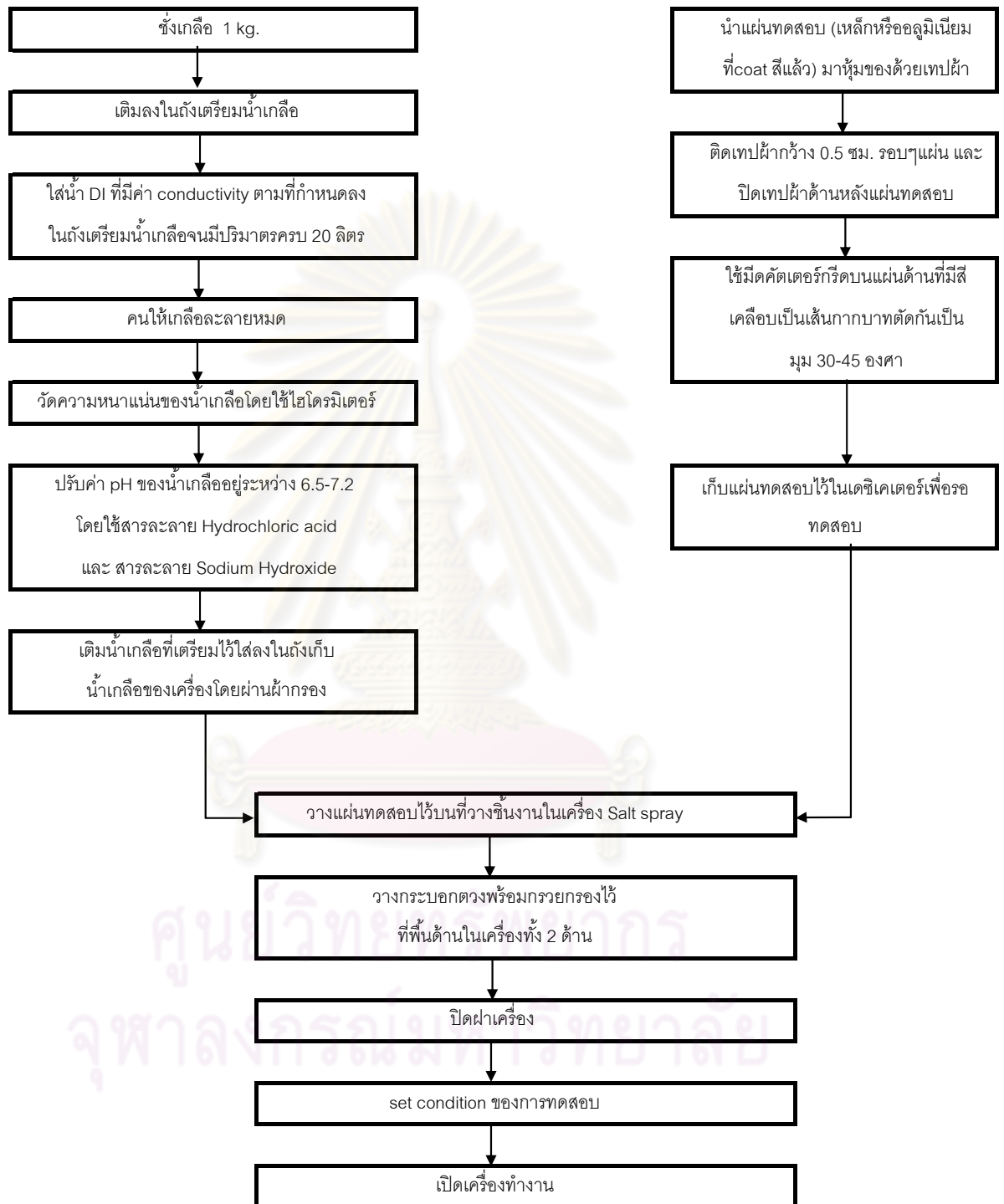
1.2) กรณีที่ทำการควบคุมแผ่นทดสอบหลังจากทำการทดสอบเสร็จ
กรณีที่ผู้ทำการทดสอบต้องการเก็บแผ่น/ชิ้นงานไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ผลหรือทำ
การวิเคราะห์ผลการทดสอบซ้ำอีกครั้ง ทำให้ต้องวิธีทำการควบคุมแผ่น/ชิ้นงานหลังจากทำการ
ทดสอบเสร็จ



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำการควบคุมแผ่นทดสอบหลังจากทำการทดสอบเสร็จ

2) กระบวนการเตรียมน้ำเกลือ เตรียมแผ่นทดสอบและการทดสอบในเครื่องทดสอบความ

ทนทานต่อการกัดกร่อน



รูปที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการเตรียมน้ำเกลือ การเตรียมแผ่นทดสอบและการทดสอบในเครื่อง Salt

Spay Tester

3) กระบวนการการวิเคราะห์ผลทดสอบ

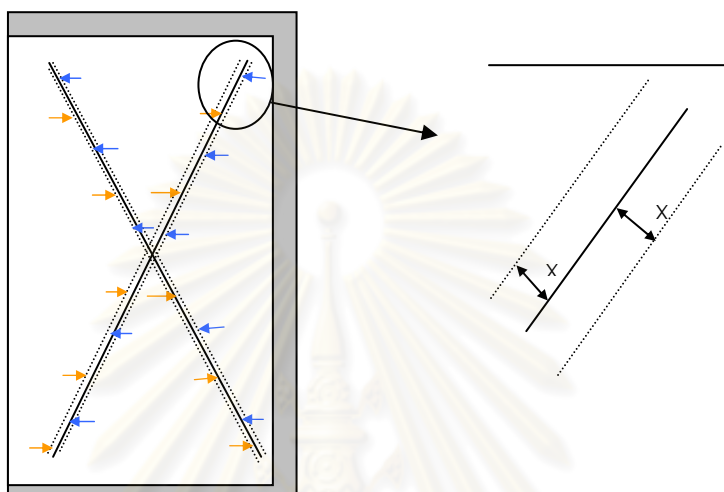
หลังจากผ่านการทดสอบในเครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว พนักงานห้องปฏิบัติการจะนำแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบมาทำการวิเคราะห์ผลทดสอบโดยการวัดรอยสนิมที่ลามออกมาด้วยเวอร์เนียร์ ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผลนั้นจะทำการวิเคราะห์ผลทันทีหลังจากทำความสะอาดแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบแล้วรอแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบแห้ง เนื่องจากหากทิ้งไว้นานสนิมที่เกิดขึ้นอาจลามไปยังพื้นที่อื่น ๆ มากขึ้น ทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อน ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดสอบสามารถเขียนเป็นแผนผังดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 แผนผังการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4) ตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

พนักงานห้องปฏิบัติการจะทำการวัดรอยสนิมที่ลามออกมาจากรอยกรีด โดยตำแหน่งการวัดสนิมตามตำแหน่งที่มีลูกศรชี้ ดังรูป



รูปที่ 3.6 ตำแหน่งของการวิเคราะห์การลามของสนิม

การวัดการลามของสนิมจะทำการวัดจากรอยกรีดจนถึงรอยที่สนิมลามออกมามากที่สุด ซึ่งจะทำให้การวัดทั้ง 4 ด้าน โดยวัดด้านละ 5 จุด จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาพิจารณาเทียบกับสเปกที่กำหนด

3.2.2 สภาวะการทดสอบด้วยเครื่อง Salt Spray Tester (SST)

ห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทกรณีศึกษาใช้มาตรฐานการทดสอบของ Japanese International Standard (JIS) K 5400 หัวข้อ 9.1 เรื่องของมาตรฐานการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน ในการทดสอบ มาตรฐานได้กำหนดสภาวะในเครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน ดังนี้

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดสอบในเครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

สภาวะที่ควบคุม	ค่าที่ถูกกำหนดโดยมาตรฐาน JIS K 5400 9.1
1. ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (น้ำเกลือ)	5 + 0.5% w/v
2. อุณหภูมิใน chamber	34-36°C

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดสอบในเครื่องทดสอบความทนทานต่ออาการกัดกร่อน

สภาวะที่ควบคุม	ค่าทีู่กกำหนดโดยมาตรฐาน JIS K 5400 9.1
3. อุณหภูมิของ Humidity Air	46-48°C
4. ความดันอากาศ	0.96-1 bar
5. ความหนาแน่นของน้ำเกลือ	1.022-1.036
6. ค่า pH ของน้ำเกลือ	6.5-7.2
7. ปริมาณน้ำเกลือที่วัดได้	1-2 ml/h/80 cm ²

3.2.3 การค้นหาและคัดเลือกปัญหา

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบ SST ระหว่างห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและห้องปฏิบัติการของลูกค้า โดยตัวอย่างที่นำมาทำการทดสอบเป็นชิ้นงานที่เตรียมมาจากลูกค้าซึ่งใช้โลหะที่เตรียมมาจาก lot การผลิต lot เดียวกัน จากนั้นนำมาพ่นสีชนิดเดียวกันที่ความหนา 60-80 ไมครอน จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้มาตัดแบ่งเพื่อแยกไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและห้องปฏิบัติการลูกค้า หลังจากทำการทดสอบครบตามจำนวนชั่วโมงที่กำหนด (240 ชม.) แล้ว นำผลมาพิจารณาโดยการวัดรอยสนิม พบว่าผลการทดสอบที่ได้ไม่ตรงกัน โดยผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาวัดได้ 0.7 mm. แต่ผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการของลูกค้าวัดได้ 1.5 mm. ซึ่งผลการทดสอบที่ลูกค้าเกิดสนิมมากกว่าผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการกรณีศึกษา และส่งผลให้ลูกค้าเกิดความไม่มั่นใจในคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบกรณีศึกษาและคุณภาพสินค้า หลังจากทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบแล้ว ทางห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาได้ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (สาเหตุที่ทำการทดสอบ 3 ครั้งเนื่องจากมีข้อจำกัดด้านจำนวนชิ้นงานที่ทำการทดสอบซ้ำ) โดยใช้ชิ้นงานที่ lot เดียวกันกับการทดสอบในครั้งก่อน พบว่าการทดสอบทั้งสามครั้งให้ผลการทดสอบไม่เหมือนกันและมีเพียงผลการทดสอบในครั้งที่ 3 ที่มีผลการทดสอบใกล้เคียงกับผลการทดสอบที่ลูกค้า (รอยสนิมเท่ากับ 1.42 mm.) จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากระบวนการทดสอบ SST ของห้องปฏิบัติการทดสอบกรณีศึกษามีความผิดปกติ ดังนั้นจึงทำการขอข้อมูลจากห้องปฏิบัติการทดสอบของลูกค้าเพิ่มเติมเพื่อทำการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่างๆที่น่าจะส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบ SST นั้น และนำมาซึ่งการแก้ไขปรับปรุงต่อไป โดยรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.3 การเปรียบเทียบการจัดการห้องปฏิบัติการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการกรณีศึกษา และลูกค้า

หัวข้อที่ทำการเปรียบเทียบ	ห้องปฏิบัติการกรณีศึกษา	ห้องปฏิบัติการลูกค้า
มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ	JIS K 5400 9.1	JIS K 5400 9.1
การบันทึกรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบ	ไม่มีการระบุ	ระบุลักษณะตัวอย่าง จัดทำเป็นเอกสาร
การบันทึกผู้เข้าใช้เครื่องมือ	ไม่มีบันทึก	มีบันทึกใน lock sheet
การควบคุม condition	ไม่มีการตรวจสอบ	ตรวจสอบและบันทึกประจำวัน
การควบคุมค่า pH ใน collected water	ไม่มีการปรับแก้เมื่อ pH ไม่อยู่ในค่าที่กำหนด	มีการปรับแก้ค่า pH เมื่อค่าเริ่มมีแนวโน้มผิดปกติ
การควบคุมคุณภาพของสารเคมีที่ใช้	ไม่มีการกำหนดส่วนประกอบของสารเคมีที่ใช้	มีการควบคุมสารเคมีที่ใช้
การดูแลรักษาเครื่องมือ	หากผิดปกติจึงจะทำการตรวจสอบ	มีการตรวจสอบเป็นแผนการบำรุงรักษา
การสอบเทียบเครื่องมือ	1 ครั้งต่อปี	1 ครั้งต่อปี
พนักงานวิเคราะห์ผล	มีพนักงาน 2 คนและผลการวัดต่างกัน	มีพนักงานเพียง 1 คน ผลการวัดแต่ละครั้งค่อนข้างแม่นยำ

จากตารางที่ 3.3 เมื่อเปรียบเทียบการจัดการในห้องปฏิบัติการทั้งสองพบว่าห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาไม่มีการจัดการด้านคุณภาพของห้องปฏิบัติการทำให้ผลการทดสอบมีโอกาสผิดพลาดค่อนข้างสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องทำการปรับปรุงแก้ไขการจัดการภายในห้องปฏิบัติการเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลการทดสอบที่ได้ไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดเกิดขึ้น โดยเริ่มจากการค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้นแต่ละกระบวนการเพื่อทำการปรับปรุง แต่ที่ผ่านมาห้องปฏิบัติการทดสอบไม่มีการรวบรวมประวัติของปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ เนื่องจากแต่ละ

กระบวนการเกิดขึ้นต่อเนื่องกันและไม่มีการบันทึกผลการทดสอบอย่างละเอียด โดยส่วนใหญ่จะทราบว่าผลการทดสอบผิดพลาดหลังจากทดสอบในเครื่อง SST เสร็จ ดังนั้นจึงทำการจำลองการทดสอบและทำการเก็บข้อมูลปัญหาในแต่ละกระบวนการ ซึ่งการจำลองการทดสอบนี้ได้อ้างอิงข้อมูลที่ทำกรทดสอบจริง โดยเริ่มจากการเตรียมแผ่นทดสอบ 40 แผ่น (จากการเก็บข้อมูลปี 2551 พบว่าใน 1 เดือนจะมีการทดสอบที่ 240 ชั่วโมงประมาณ 40 แผ่นโดยเฉลี่ย) จากนั้นทำการเคลือบสีชนิดเดียวกันซึ่งเป็นสีที่มีการทดสอบ SST เป็นประจำ โดยเคลือบด้วยความหนาประมาณ 60-80 ไมครอน จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการแต่ละกระบวนการแล้วสังเกตปัญหาในแต่ละขั้นตอน บันทึก จากนั้นทำการทดสอบซ้ำอีก 1 ชุด (เนื่องจากการทดสอบในแต่ละครั้งใช้เวลาค่อนข้างนาน ซึ่งเครื่อง SST ในห้องปฏิบัติการมีเพียงหนึ่งเครื่องเท่านั้น และมีผู้ใช้บริการเครื่อง SST ค่อนข้างมาก ดังนั้นการทำการทดสอบซ้ำจึงไม่สามารถทำได้หลายครั้งเพื่อให้ได้ตามจำนวนที่ทำให้เกิดความเชื่อมั่นทางสถิติได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัด) บันทึกจำนวนแผ่นทดสอบที่เกิดปัญหาโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการเกิดปัญหา ปัญหาที่พบจากการทดสอบ สามารถจำแนกปัญหาออกตามกระบวนการได้ดังนี้

- กระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ
 - แผ่นทดสอบเกิดสนิม เนื่องจากสภาวะแวดล้อมในการเก็บแผ่นทดสอบและลักษณะการเก็บแผ่นทดสอบของพนักงานไม่เหมาะสม
- กระบวนการเตรียมแผ่นทดสอบ
 - การกรีดแผ่นทดสอบด้วยน้ำหนักรัดไม่คงที่ ทำให้รอยกรีดเริ่มแรกกรีดไม่ถึงผิวของแผ่นทดสอบ ที่เกิดจากปัญหานี้คือ การวิเคราะห์สนิมบริเวณนี้จะผิดพลาด
- กระบวนการเตรียมน้ำเกลือ
 - ความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด เนื่องจากมาตรฐานกำหนดความเข้มข้นของน้ำเกลือไว้ และวัดค่าความเข้มข้นได้จากการวัดความหนาแน่นของน้ำเกลือโดยใช้เครื่องมือวัด Hydrometer จากการเตรียมน้ำเกลือพบว่าความหนาแน่นของเกลือในน้ำเกลือส่วนใหญ่เกินจากค่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ ต้องทำการเตรียมน้ำเกลือใหม่จนได้ตามมาตรฐานกำหนด
 - ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่ เนื่องจากการเตรียมน้ำเกลือจะทำการเตรียมครั้งละหลายๆถัง และทำการวัดค่า pH ของแต่ละถัง พบว่าค่า pH ของแต่ละถังมีค่าไม่เท่ากันและแตกต่างกันมาก ผลที่เกิดจากการที่ pH ไม่อยู่ในช่วงที่ควบคุมคือ การลามของสนิมอาจมากเกินไปหรือน้อยเกินไป

- การชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาด เนื่องจากการชั่งน้ำหนักของเกลือ ไม่ได้ระบุลงไปถึงจุดศูนยนิยมที่เป็นนัยสำคัญ ด้วยปัญหานี้จึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของน้ำเกลือและความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่อยู่ช่วงที่มาตรฐานกำหนด

- กระบวนการทดสอบ

- ผลการทดสอบจากเครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนผิดพลาด อาจเนื่องมาจากเครื่องมือทดสอบทำงานผิดปกติ เช่น สเปร์ย์น้ำเกลือไม่สม่ำเสมอ อุณหภูมิบางช่วงไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด เป็นต้น

- กระบวนการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

- พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด ทั้งในแง่ของจุดที่จะทำการวัด สเกลของเวอร์เนียร์ที่อ่านได้ ซึ่งส่งผลให้เกิดการสรุปผลการทดสอบที่ผิดพลาดได้

จากการทดสอบเบื้องต้นเพื่อค้นหาปัญหาของแต่ละกระบวนการตามวิธีการจำลองการทดสอบที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปรายละเอียดและความถี่โดยเฉลี่ยของสิ่งผิดปกติที่พบจากการทดลองได้ดังนี้ (รายละเอียดตามภาคผนวก ค)

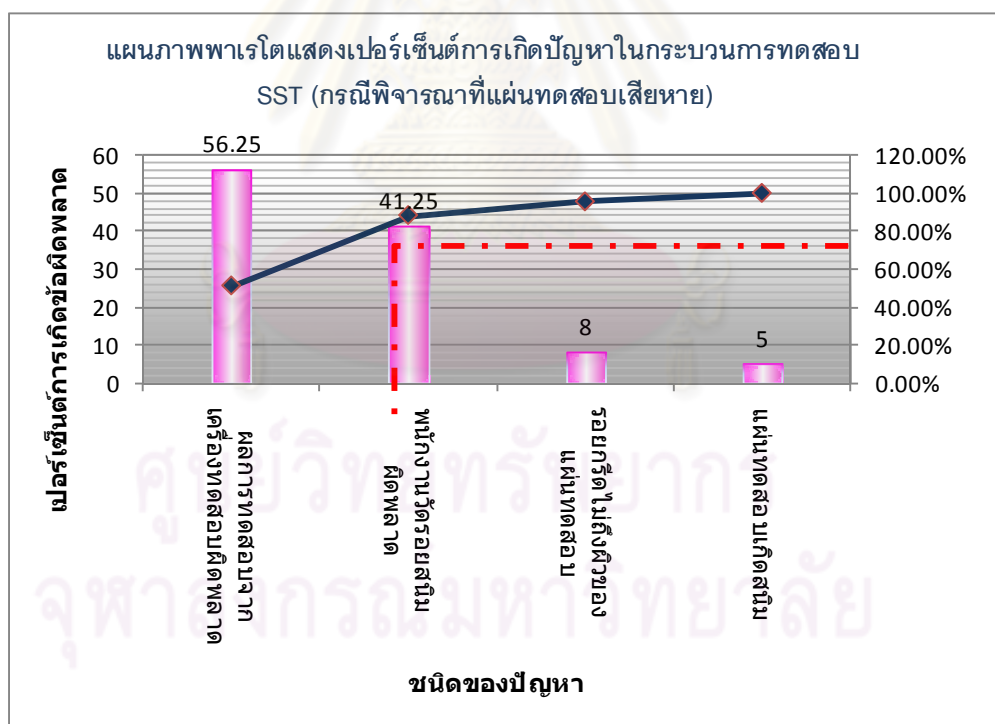
ตารางที่ 3.4 สรุปลักษณะปัญหาที่พบและความถี่ของการเกิดปัญหาในแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ลักษณะปัญหาที่พบ	เปอร์เซ็นต์ของปัญหาที่เกิดขึ้น (%)
1. กระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ	แผ่นทดสอบเกิดสนิม	5
2. กระบวนการเตรียมแผ่นทดสอบ	รอยกรีดไม่ถึงผิวของแผ่นทดสอบ	8
3. กระบวนการเตรียมน้ำเกลือ	ความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่ได้มาตรฐาน	20
	ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่	55
	การชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาด	30
4. กระบวนการทดสอบ	ผลการทดสอบจากเครื่องทดสอบผิดพลาด	56.25
5. กระบวนการวิเคราะห์ผลการทดสอบ	พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด	41.25

จากตารางที่ 3.4 พบว่าปัญหาของการทดสอบแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ ปัญหาที่พิจารณาจำนวนแผ่นทดสอบเสียหายและอีกปัญหาคือปัญหาที่พิจารณาจำนวนครั้งของการทดสอบผิดพลาด สาเหตุที่ต้องแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ลักษณะเนื่องจากการทดสอบ SST นั้น ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลัก ได้แก่ กระบวนการที่เกี่ยวกับการเตรียมแผ่นทดสอบ และกระบวนการที่เกี่ยวกับการเตรียมสารเคมีและการตั้งค่าสภาวะทดสอบ แสดงรายละเอียดดังนี้

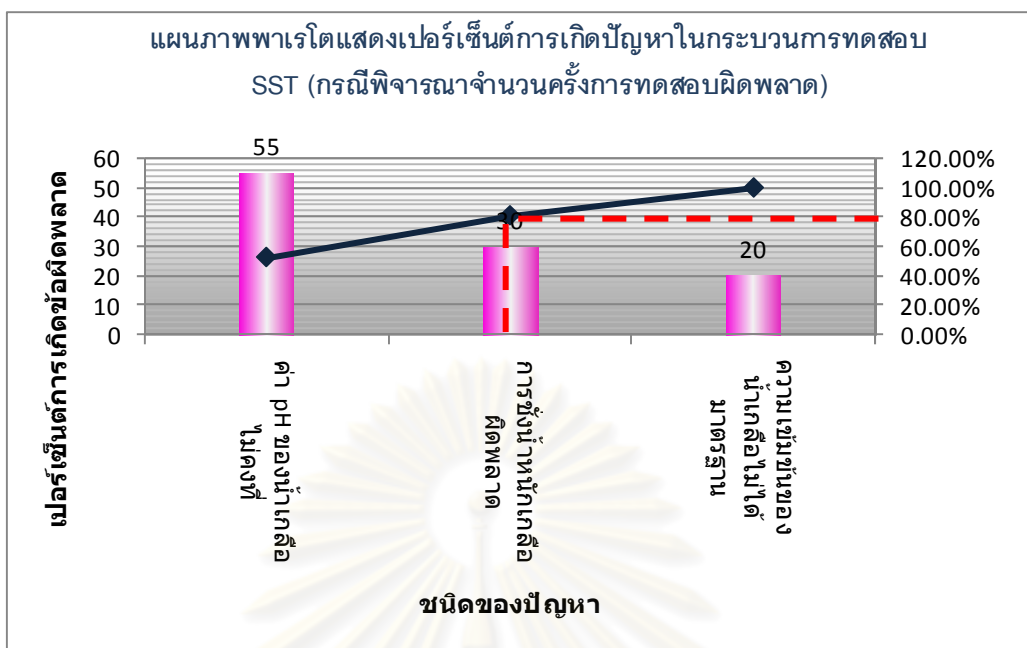
- 1) กระบวนการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับแผ่นทดสอบ (พิจารณาจำนวนแผ่นทดสอบที่เสียหาย)
 - 1.1) กระบวนการเตรียมแผ่นทดสอบ
 - 1.2) กระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ
 - 1.3) กระบวนการวิเคราะห์ผลการทดสอบ
- 2) กระบวนการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีและสภาวะการทดสอบ (พิจารณาจำนวนครั้งที่ผิดพลาด)
 - 2.1) กระบวนการเตรียมน้ำเกลือ
 - 2.2) กระบวนการทดสอบ

จากตารางที่ 3.4 พบว่าปัญหาที่พบบ่อยหลายปัญหาและมาจากทุกกระบวนการทดสอบ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นในด้านการออกแบบวิธีการทดสอบเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นและควบคุมข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ แต่เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นมีหลายปัญหาซึ่งความถี่ของการเกิดปัญหาแตกต่างกัน สามารถนำข้อมูลมาสรุปโดยใช้แผนภาพพาเรโต โดยแบ่งพิจารณา ดังนี้



รูปที่ 3.7 แผนภูมิพาเรโตแสดงเปอร์เซ็นต์ของการเกิดปัญหากรณีพิจารณาแผ่นทดสอบ

จากการใช้แผนภาพพาเรโตรูปที่ 3.7 มาทำการคัดเลือกปัญหาโดยใช้สัดส่วน 80:20 พบว่า สามารถคัดเลือกปัญหาหลักเพื่อนำมาศึกษาได้ 2 ปัญหา คือ ผลการทดสอบจากเครื่องมือทดสอบผิดพลาดและพนักงานวิเคราะห์ผลผิดพลาด ซึ่งจะนำทั้ง 2 ปัญหานี้มาทำการวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไข



รูปที่ 3.8 แผนภูมิพาเรโตแสดงเปอร์เซ็นต์ของการเกิดปัญหากรณีพิจารณาจำนวนครั้งที่เกิดข้อผิดพลาด

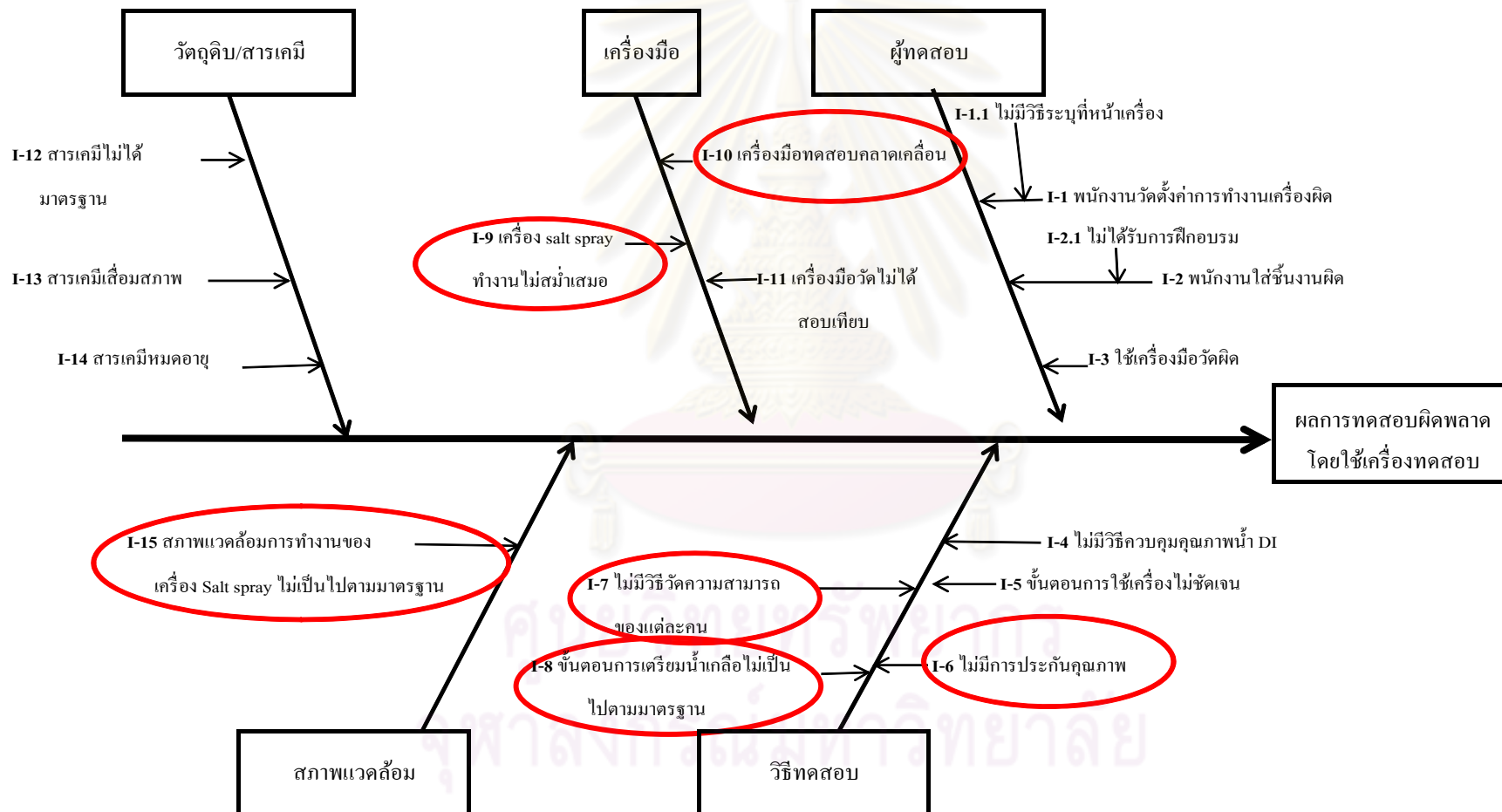
จากการใช้แผนภาพพาเรโตรูปที่ 3.8 มาทำการคัดเลือกปัญหาโดยใช้สัดส่วน 80:20 พบว่า สามารถคัดเลือกปัญหาหลักเพื่อนำมาศึกษาได้ 2 ปัญหา คือ ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่ และการชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาด ในส่วนของปัญหาการชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาดเป็นการทำงาน ของพนักงานที่ผิดวิธี ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่าปัญหานี้จะถูกแก้ไขไปพร้อมกับปัญหาการทำการ วิเคราะห์ผลการทดสอบของพนักงานผิดพลาดเนื่องจากเป็นความผิดพลาดที่เกิดจากทำงานจึง สามารถแก้ปัญหาไปพร้อมๆกันได้ ดังนั้นจึงนำปัญหาค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่ไปดำเนินการ พิจารณาหาแนวทางแก้ไขเพียงอย่างเดียว

จากแผนภาพพาเรโตทั้งสองกรณีสามารถสรุปปัญหาที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำมาวิเคราะห์และ หาแนวทางแก้ไขทั้งหมด 3 ปัญหา ได้แก่ ผลการทดสอบจากเครื่องมือทดสอบผิดพลาด พนักงาน วิเคราะห์ผลผิดพลาดและปัญหาค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่

3.2.4 การวิเคราะห์ปัญหาและค้นหาสาเหตุของปัญหา

จากปัญหาหลักที่ผ่านการคัดเลือก 3 ปัญหานี้ จะถูกนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ด้วยการระดมสมองจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบนี้ได้แก่ ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายวิจัยและ พัฒนาผลิตภัณฑ์ และฝ่ายเทคนิค โดยการใช้แผนภาพกังปลาเป็นเครื่องมือทางสถิติในการ วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

1) ผลการทดสอบจากเครื่องมือทดสอบผิดพลาด



รูปที่ 3.9 แผนภาพก้างปลาของปัญหาผลการทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนผิดพลาด

จากแผนภาพก้างปลาของปัญหาผลการทดสอบโดยเครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนผิดพลาด เมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้หลักการ Why-Why Analysis และหลักการ 3 G เพื่อค้นหาสาเหตุหลักและหาแนวทางแก้ไข สามารถสรุปผลการวิเคราะห์และสาเหตุหลักได้ดังนี้

ผู้ทดสอบ :

- I-1: พนักงานทดสอบตั้งค่าสภาวะการทดสอบผิด เนื่องจากเครื่องมือทดสอบมีปุ่มควบคุมการทำงานหลายปุ่มและใช้สัญลักษณ์เฉพาะ ทำให้พนักงานที่ไม่ได้รับฝึกอบรมการทดสอบโดยตรงไม่เข้าใจการใช้เครื่องมือทำให้ตั้งค่าผิด นอกจากนี้ไม่มีการควบคุมสิทธิของผู้ที่สามารถเข้า ถึงเครื่อง
- I-1.1: ไม่มีวิธีการทำงานระบุไว้หน้าเครื่อง ต้องจัดทำวิธีการที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายระบุไว้ที่เครื่องทดสอบ
- I-2: การใส่ชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบผิด เนื่องจากการทดสอบจะระบุมุมของการวางแผ่นทดสอบ/ชิ้นงานทดสอบ หากวางชิ้นงานผิดจะทำให้การลามของสนิมบนชิ้นงานมากหรือน้อยกว่าปกติ
- I-2.1: ไม่ได้รับการฝึกอบรม ดังนั้นต้องจัดให้มีการฝึกอบรมการใช้เครื่องมือทดสอบ
- I-3: การใช้เครื่องมือในการวัดผลการทดสอบผิดซึ่งก็คือ เวอร์เนียร์ เนื่องจากไม่ได้รับการฝึกอบรมวิธีใช้งานรวมถึงวิธีการอ่านผลการวัด

วิธีทดสอบ :

- I-4: ไม่มีการระบุวิธีควบคุมน้ำ Deionize water (DI) เนื่องจากไม่มีการประเมินการทำงานของเครื่อง
- I-5: วิธีการใช้เครื่องมือทดสอบไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานไม่เข้าใจและทำให้ทดสอบผิด
- I-6: ไม่มีการประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ เนื่องจากไม่เคยประเมินคุณภาพของห้องปฏิบัติการว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด และพื้นที่ทุกจุดในเครื่อง SST เหมือนหรือต่างกันเพียงใดนั้นยังไม่ได้ทำการทดสอบและวิเคราะห์ผล **สาเหตุหลัก**
- I-7: ไม่มีการวัดความสามารถของบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทดสอบ เนื่องจากเห็นว่าการอ่านผลการทดสอบไม่ตรงกันเพียงเล็กน้อยไม่ใช่เรื่องสำคัญและไม่เคยประเมินผลกระทบ ดังนั้นจึงต้องจัดทำวิธีวัดความสามารถในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ **สาเหตุหลัก**

- I-8: ขั้นตอนการเตรียมน้ำเกลือไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เนื่องจากในการเตรียมน้ำเกลือแต่ละครั้งต้องใช้เวลาและขั้นตอนยุ่งยาก จึงทำให้ผู้เตรียมไม่ทำตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ดังนั้นต้องจัดทำวิธีการเตรียมน้ำเกลือให้ง่ายขึ้น **สาเหตุหลัก**

เครื่องมือทดสอบ :

- I-9: เครื่องมือทำงานไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการที่ใช้น้ำเกลือหมดหรือวัตถุดิบหมดไม่เพียงพอต่อการทดสอบ ซึ่งเกิดจากไม่มีการตรวจเช็คหรือไม่มีเอกสารและวิธีการควบคุม **สาเหตุหลัก**
- I-10: เครื่องมือทดสอบทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อน เนื่องจากการทำงานของเครื่องผิดปกติและไม่ทราบสาเหตุและวิธีการแก้ไข อีกทั้งการแก้ไขเป็นไปอย่างล่าช้า **สาเหตุหลัก**
- I-11: เนื่องจากเครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนไม่มีแผนการสอบเทียบ เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือเฉพาะในการสอบเทียบ หัวข้อที่ต้องทำการสอบเทียบของเครื่องมือชนิดนี้ได้แก่ อุณหภูมิ โดยมี thermostat เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่อง นอกจากนี้ยังต้องทำการสอบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องมือ เนื่องจากวิธีมาตรฐานที่ใช้ทดสอบกำหนดค่าไว้ ดังนั้นต้องสำรวจหาห้องปฏิบัติการที่สามารถสอบเทียบอุปกรณ์ดังกล่าวได้

วัตถุดิบและสารเคมี

- I-12: สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากมาตรฐาน JIS K 5400 หัวข้อ 9.1 กำหนดส่วนประกอบของสารเคมีที่ใช้ เช่น เกลือโซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดไฮโดรคลอริก เป็นต้น แต่เนื่องจากกระบวนการสั่งซื้อของจัดซื้อใช้ราคาเป็นเกณฑ์ในการรับเข้าวัตถุดิบ จึงทำให้เปลี่ยนผู้ผลิตและส่งผลให้ส่วนประกอบของสารเคมีไม่ได้ตามมาตรฐาน
- I-13: สารเคมีเสื่อมสภาพ เนื่องจากไม่มีทำฉลากระบุรายละเอียด อุณหภูมิในการเก็บ นอกจากนี้สภาพแวดล้อมทำให้สารเคมีเสื่อมสภาพ เช่น อุณหภูมิสูงเกินไป ทำให้เกิดการระเหยของสารเคมี
- I-14: สารเคมีหมดอายุ เนื่องจากฉลากไม่ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับวัน เวลาที่เตรียมสารเคมี และวันหมดอายุของสารเคมี

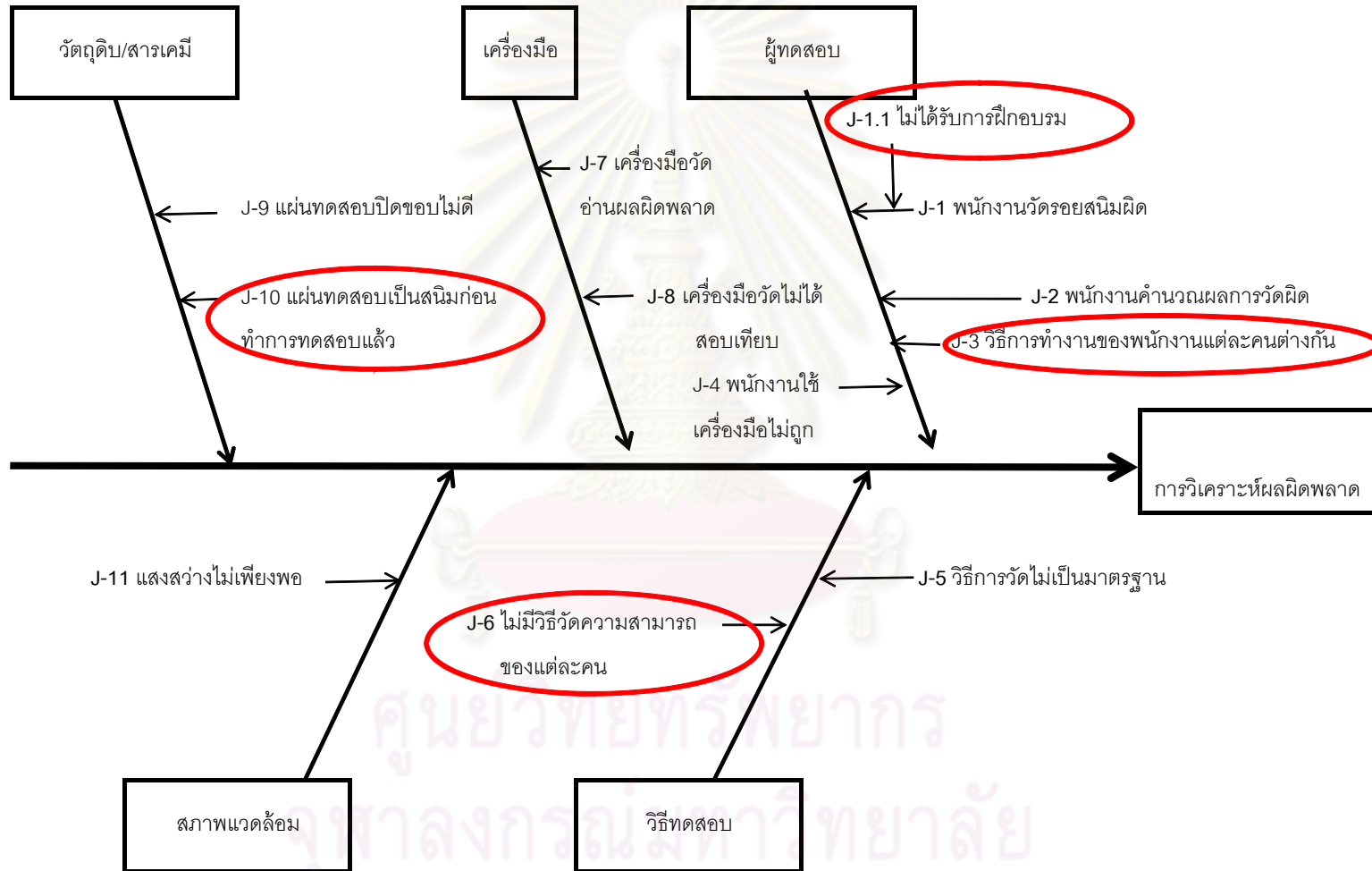
สภาพแวดล้อม :

- I-15: สภาพแวดล้อมของเครื่องมือทดสอบขณะทำการทดสอบไม่ได้ถูกควบคุมและไม่มี การบันทึก ภายในห้องทดสอบและห้องเก็บสารเคมีไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ดังนั้นจะ ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเท่านั้น ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานควบคุม **สาเหตุหลัก**



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) การวิเคราะห์ผลการทดสอบผิดพลาด



รูปที่ 3.10 แผนภาพก้างปลาของปัญหาการวิเคราะห์ผลการทดสอบผิดพลาด

จากแผนภาพข้างปลาของปัญหาการวิเคราะห์ผลผิดพลาด สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ และสาเหตุหลักได้ดังนี้

ผู้ทดสอบ :

- J-1: พนักงานวัดรอยสนิมผิด เนื่องจากรอยสนิมมีลักษณะต่างกัน เช่น อลูมิเนียมสนิมจะเป็นสีขาว สีบวมเนื่องจากเกิดสนิมอยู่ภายในแต่ไม่ปรากฏเป็นสี เป็นต้น
- J-1.1: พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรมการวัดรอยสนิมทำให้เกิดการวัดผิดตำแหน่ง การอ่านค่าจากเครื่องมือวัดอ่านผิดพลาด ดังนั้นต้องจัดให้มีการอบรม **สาเหตุหลัก**
- J-2: พนักงานคำนวณผลการวัดผิด เนื่องจากทำการวัดหลายตำแหน่งและไม่ได้กำหนดวิธีการคำนวณผลการวัดลงในคู่มือ
- J-3: วิธีการทำงานของแต่ละคนต่างกัน เนื่องจากไม่มีวิธีการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน **สาเหตุหลัก**
- J-4: พนักงานใช้เครื่องมือวัด (เวอร์เนีย) ไม่ถูกต้อง เนื่องจากเป็นเครื่องมือเฉพาะไม่ใช่เครื่องมือที่นำมาใช้กับงานประจำ ทำให้พนักงานบางคนใช้เครื่องมือและอ่านค่าไม่ถูกต้อง

วิธีทดสอบ:

- J-5: วิธีการวัดผลการทดสอบไม่เป็นมาตรฐาน เนื่องจากไม่เคยคำนึงถึงผลกระทบจากการวิเคราะห์ผลการทดสอบผิดพลาดว่ามากหรือน้อยเพียงใด จึงไม่ได้จัดทำวิธีการวัดผลที่เป็นมาตรฐาน
- J-6: ไม่มีวิธีวัดความสามารถของแต่ละคน เนื่องจากได้มีการกำหนดพนักงานที่รับผิดชอบการทดสอบนี้เรียบร้อยแล้วสาเหตุที่กำหนดผู้รับผิดชอบเนื่องจากเกรงว่าผลการทดสอบแต่ละครั้งจะเกิดความผิดพลาดและจำนวนผู้รับผิดชอบมีไม่มากจึงไม่มีการวัดความสามารถของแต่ละคน ซึ่งอาจแตกต่างกันมากก็ได้ ดังนั้นต้องกำหนดวิธีวัดความสามารถของพนักงาน **สาเหตุหลัก**

เครื่องมือทดสอบ:

- J-7: เครื่องมือวัดเกิดการอ่านผลผิดพลาด เนื่องจากไม่ได้กำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องมือและความไม่ระมัดระวังในการใช้เครื่องมือ ซึ่งอาจเกิดการตกหล่นหรือทำให้เครื่องมือได้รับความเสียหาย ดังนั้นต้องจัดทำแผนการบำรุงรักษาและอบรมการใช้เครื่องมือแก่พนักงานที่เกี่ยวข้อง
- J-8: เครื่องมือวัดไม่ได้ทำการสอบเทียบ เนื่องจากไม่ได้จัดทำแผนการสอบเทียบเครื่องมือ ดังนั้นต้องจัดทำแผนการสอบเทียบ

วัตถุประสงค์และสารเคมี

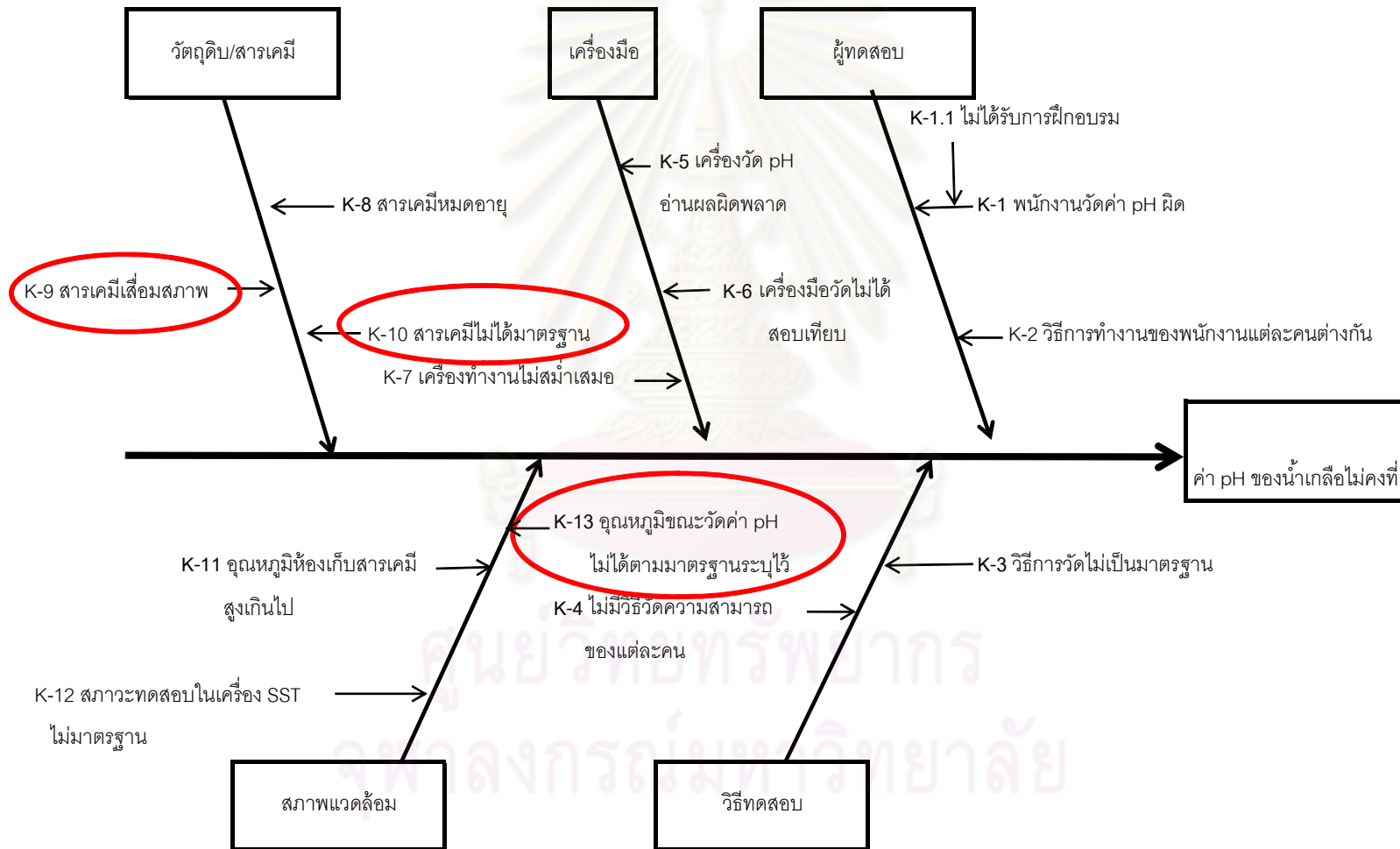
- J-9: แผ่นทดสอบปิดขอบไม่ดี วัสดุที่ใช้ปิดขอบปกติจะใช้เทปผ้าในการปิดขอบทั้งแผ่นทดสอบและชิ้นงานทดสอบ ในกรณีที่กาวของเทปผ้าไม่เหนียวพอเมื่อทำการทดสอบในเครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนซึ่งจะสเปรย์น้ำมาที่แผ่นทดสอบตลอดเวลา กาวที่ไม่ดีเมื่อถูกน้ำความเหนียวจะลดลงและอาจทำให้เทปผ้าหลุดออกจากเปิดออกจากขอบของแผ่นทดสอบ ทำให้น้ำเกลือซึมเข้าไปที่ขอบของแผ่นทดสอบส่งผลให้แผ่นทดสอบบวมทุกพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถวัดรอยสนิมที่ลามออกมาจากรอยกรีดได้ และผลการทดสอบผิดพลาด ดังนั้นต้องเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการปิดของแผ่นทดสอบ
- J-10: แผ่นทดสอบเป็นสนิมก่อนนำมาทดสอบ เนื่องจากไม่ได้กำหนดมาตรฐานแผ่นทดสอบและไม่มีวิธีการเตรียมแผ่นทดสอบที่เป็นมาตรฐาน เนื่องจากแผ่นที่นำมาทดสอบส่วนใหญ่เป็นแผ่นเหล็กที่นำไปเตรียมพื้นผิวด้วยการชุบซิงค์ฟอสเฟตหรือเป็นแผ่นอลูมิเนียมซึ่งไม่ต้องเตรียมพื้นผิว โดยแผ่นทดสอบและสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมพื้นผิวยังไม่ได้ถูกควบคุม ได้แก่ ชนิดและลักษณะของแผ่นเหล็กและแผ่นอลูมิเนียมในแต่ละ lot ที่สั่งซื้อ วิธีการเก็บแผ่นเหล็กและการทำความสะอาดแผ่นเหล็ก และความเข้มข้นและพารามิเตอร์ของสารเคมีที่ใช้เตรียมพื้นผิว เป็นต้น **สาเหตุหลัก**

สภาพแวดล้อม:

- J-11: แสงสว่างไม่เพียงพอ เนื่องจากพื้นที่ปฏิบัติงานไม่ได้ถูกจัดไว้สำหรับงานที่ต้องใช้สายตาทำงานเป็นเวลานาน ดังนั้นต้องจัดเตรียมพื้นที่ใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่



รูปที่ 3.11 แผนภาพก้างปลาของปัญหาค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่

จากแผนภาพข้างปลาของปัญหาค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ และสาเหตุหลักได้ดังนี้

ผู้ทดสอบ:

- K-1: พนักงานวัดค่า pH ผิด ไม่รู้วิธีการใช้เครื่องมือ
- K-1.1: ไม่ได้รับการฝึกอบรม ดังนั้นต้องทำการฝึกอบรมการใช้เครื่อง pH
- K-2: วิธีการทำงานของแต่ละคนต่างกัน เนื่องจากพนักงานทำงานตามประสบการณ์ส่งผลให้ผลของการทำงานไม่เหมือนกัน ดังนั้นต้องปรับปรุงการทำงานใหม่และสามารถตรวจสอบการทำงานได้

วิธีทดสอบ:

- K-3: วิธีการวัดค่า pH ไม่มีมาตรฐาน ดังนั้นต้องดำเนินการจัดทำวิธีวัดค่า pH
- K-4: ไม่มีวิธีวัดความสามารถของแต่ละคน เนื่องจากการวัดค่า pH มีปัจจัยด้านอุณหภูมิ ตำแหน่งของการวัด ซึ่งตรงส่วนนี้เองที่ทำให้แต่ละคนปฏิบัติงานต่างกัน ดังนั้นต้องทำให้ทุกคนทำงานเหมือนกัน

เครื่องมือทดสอบ:

- K-5: เครื่องวัด pH อ่านผลผิดพลาด เนื่องจากขั้วอิเล็กโทรดอาจไม่สะอาดหรือมีปัญหาหรืออยู่ในสภาพที่ไม่สามารถใช้งานได้และผู้ใช้งานไม่ได้ตรวจเช็คก่อนใช้งานทำให้เกิดการอ่านค่าผิดพลาด
- K-6: เครื่องมือวัดไม่ได้สอบเทียบ เนื่องจากไม่ได้จัดทำแผนการสอบเทียบเครื่องมือ ดังนั้นต้องจัดทำแผนการสอบเทียบและดำเนินการสอบเทียบตามแผนกำหนด
- K-7: เครื่อง SST ทำงานไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากไม่มีแผนการบำรุงรักษาเครื่องมือ ไม่มีการตรวจเช็คการทำงานในแต่ละวันและไม่มีการประกันคุณภาพการทดสอบ จึงทำให้ไม่สามารถตรวจเช็คการทำงานของเครื่องได้อย่างทั่วถึง ดังนั้นต้องมีแผนการบำรุงรักษาเครื่องมือและแผนการตรวจเช็คประจำวัน นอกจากนี้ยังต้องจัดทำประกันคุณภาพการทดสอบเพื่อตรวจเช็คผลการทดสอบว่าน่าเชื่อถือหรือไม่

วัตถุดิบ/สารเคมี:

- K-8: สารเคมีหมดอายุแล้วนำมาใช้ เนื่องจากไม่ได้ทำการติดฉลากแสดงวัน เวลาในการเตรียมสารเคมี และไม่มีการระบุการตรวจเช็คความพร้อมของสารเคมี ดังนั้นต้องปรับปรุงการทำงาน
- K-9: สารเคมีเสื่อมสภาพ อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิและเวลาที่จัดเก็บสารนานเกินไปและสภาวะการเก็บไม่เหมาะสม ส่งผลให้สารเคมีเสื่อมสภาพเร็วกว่ากำหนด **สาเหตุหลัก**

- K-10: สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากการจัดซื้อจากผู้ส่งมอบไม่ได้ระบุสเปกไปให้ทำให้สารเคมีที่ได้รับมาไม่ได้มาตรฐาน ดังนั้นต้องระบุลักษณะของสารเคมี และนำ DI อาจมีค่า Conductivity ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด **สาเหตุหลัก**

สภาพแวดล้อม:

- K-11: อุณหภูมิห้องเก็บสารเคมีสูงเกินไป ไม่มีการจัดพื้นที่เก็บสารเคมีที่เหมาะสม ดังนั้นต้องจัดพื้นที่เก็บสารเคมีใหม่
- K-12: สภาวะทดสอบในเครื่อง SST ไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด เนื่องจากเครื่อง SST ไม่ได้รับการสอบเทียบ เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการสอบเทียบที่มีใช้อยู่ ยังไม่น่าเชื่อถือ ดังนั้นต้องค้นหาวิธีการสอบเทียบและเครื่องมือที่เหมาะสม
- K-13 อุณหภูมิขณะวัดค่า pH ไม่ได้ตามมาตรฐานระบุไว้ เนื่องจากห้องที่ทำการวัดค่า pH ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งอาจทำให้ที่อุณหภูมิต่างกันผลการวัดค่า pH ไม่เท่ากัน **สาเหตุหลัก**

จากสาเหตุหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าว จะต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ห้องปฏิบัติการทดสอบมีคุณภาพ โดยแต่ละสาเหตุหลักเมื่อโยงไปที่ข้อกำหนดของระบบการจัดการคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ISO/IEC 17025 พบว่าสามารถนำข้อกำหนดและระบบการจัดการ ISO/IEC 17025 มาเป็นแนวทางการปรับปรุงคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบได้ ดังตาราง

ตารางที่ 3.5 สรุปสาเหตุหลัก แนวทางแก้ไขและข้อกำหนด ISO/IEC 17025 ที่เกี่ยวข้อง

สาเหตุหลัก	แนวทางในการแก้ไข	ข้อกำหนด ISO/IEC 17025
I-6: ไม่มีการประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ	จัดทำวิธีการประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบ	5.9 การประกันคุณภาพผลการทดสอบ/สอบเทียบ
I-7: ไม่มีการวัดความสามารถของบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทดสอบ	- อบรมวิธีการทดสอบให้พนักงานที่เกี่ยวข้อง - ทำการวัดความสามารถของพนักงานเพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์ผลโดยใช้	5.2.2 บุคลากร ผู้บริหาร ต้องกำหนดเป้าหมายเกี่ยวกับการศึกษา การฝึกอบรมและความชำนาญ
J-1.1: พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรมการวัดรอยสนิม	MSA เป็นเครื่องมือ	
J-6: ไม่มีวิธีวัดความสามารถของแต่ละคน		
I-8: ขั้นตอนการเตรียมน้ำเกลือไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	- ปรับปรุงวิธีการเตรียมน้ำเกลือให้เตรียมได้ง่ายขึ้นและเป็นไปตาม	5.2 บุคลากร

ตารางที่ 3.5 สรุปสาเหตุหลัก แนวทางแก้ไขและข้อกำหนด ISO/IEC 17025 ที่เกี่ยวข้อง

สาเหตุหลัก	แนวทางในการแก้ไข	ข้อกำหนด ISO/IEC 17025
J-3: วิธีการทำงานของแต่ละคน ต่างกัน K-10: สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน	มาตรฐาน - จัดทำวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานไว้ที่พื้นที่ปฏิบัติงาน - จัดทำวิธีการตรวจสอบความ ใช้ได้ของวิธี	5.4 วิธีทดสอบและการ ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี
I-9: เครื่องมือทำงานไม่สม่ำเสมอ J-10: แผ่นทดสอบเป็นสนิมก่อน นำมาทดสอบ	- ควบคุมการทำงานของเครื่องมือ - จัดทำบันทึกเพื่อควบคุมสารเคมี	5.5 เครื่องมือ
I-10: เครื่องมือทดสอบทำให้ผล การทดสอบคลาดเคลื่อน	- ใช้แผนภูมิควบคุมในการติดตาม การทำงานของเครื่อง - ใช้เทคนิค FMEA เพื่อวิเคราะห์ และควบคุมข้อผิดพลาด - ต้องมีวิธีการแก้ไขเมื่อเครื่องมือ ทดสอบทำให้ผลการทดสอบ คลาดเคลื่อน	5.5 เครื่องมือ 5.9 การประกันคุณภาพผล การทดสอบ
I-15: ไม่มีการควบคุม สภาพแวดล้อมของเครื่องมือ ทดสอบ K-9: สารเคมีเสื่อมสภาพ K-13 อุณหภูมิขณะวัดค่า pH ไม่ได้ตามมาตรฐานระบุไว้	ปรับปรุงสภาพแวดล้อมของ ห้องปฏิบัติการทดสอบรวมทั้ง สภาวะการจัดเก็บสารเคมีให้ เหมาะสม	5.3 สถานที่และภาวะ แวดล้อม

นอกจากการนำแนวทางของ ISO/IEC 17025 มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทดสอบให้มีคุณภาพมากขึ้นแล้วยัง ควบคุมกระบวนการทดสอบเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นในกระบวนการเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการทดสอบและทำให้การทดสอบดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในกระบวนการทดสอบนี้ได้ทดลองนำหลักการของ FMEA มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการทดสอบ โดยสามารถสรุปการหาปัญหาที่เกิดขึ้นและสาเหตุหลักของปัญหาในแต่ละกระบวนการจากการวิเคราะห์ข้างต้นได้ดังนี้

ตารางที่ 3.6 สรุปปัญหาและสาเหตุหลักของปัญหาในแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ลักษณะปัญหา	สาเหตุหลัก
1. กระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ	แผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนการทดสอบและสนิมเกิดมากขึ้นหลังการทดสอบ	อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บแผ่นยังไม่เหมาะสม
2. กระบวนการเตรียมแผ่นทดสอบ	รอยกรีดไม่ถึงผิวของแผ่นทดสอบ	ลักษณะการกรีดแผ่นทดสอบของพนักงานไม่ถูกต้อง
3. กระบวนการเตรียมน้ำเกลือ	<ul style="list-style-type: none"> - ความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่ได้ตามมาตรฐาน - ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่ - การชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาด 	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่มีวิธีเตรียมน้ำเกลือที่สะดวกต่อการปฏิบัติงาน เนื่องจากขั้นตอนการเตรียมมีความยุ่งยากและใช้เวลานาน ทำให้พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด - สารเคมีเสื่อมสภาพ - อุณหภูมิขณะวัดค่า pH ไม่ได้ตามมาตรฐานระบุไว้ - ไม่ได้กำหนดค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ของเครื่องชั่ง

ตารางที่ 3.6 สรุปปัญหาและสาเหตุหลักของปัญหาในแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ลักษณะปัญหา	สาเหตุหลัก
4. กระบวนการทดสอบ	ผลการทดสอบจากเครื่องทดสอบ SST ผิดพลาด	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่มีการประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ - ไม่มีการวัดความสามารถของบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทดสอบ - ขั้นตอนการเตรียมน้ำเกลือไม่ปฏิบัติตามมาตรฐาน - เครื่องมือทำงานไม่สม่ำเสมอเนื่องจากน้ำเกลือหมดหรือเกิดเหตุขัดข้อง - เครื่องมือทดสอบทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อน เนื่องจากกรณีที่เครื่องทำงานผิดปกติและไม่สามารถหาสาเหตุได้ทันทีส่งผลให้การทดสอบหยุดชะงักและสภาวะทดสอบอาจไม่ปฏิบัติตามที่กำหนด
5. กระบวนการวิเคราะห์ผลทดสอบ	พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด	<ul style="list-style-type: none"> - พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรมการวัดรอยสนิมทำให้เกิดการวัดผิดตำแหน่ง - วิธีการทำงานของแต่ละคนต่างกัน - ไม่มีวิธีวัดความสามารถของแต่ละคน - แผ่นทดสอบเป็นสนิมก่อนที่จะนำมาทดสอบ

3.3 การประเมินข้อบกพร่องและการจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง

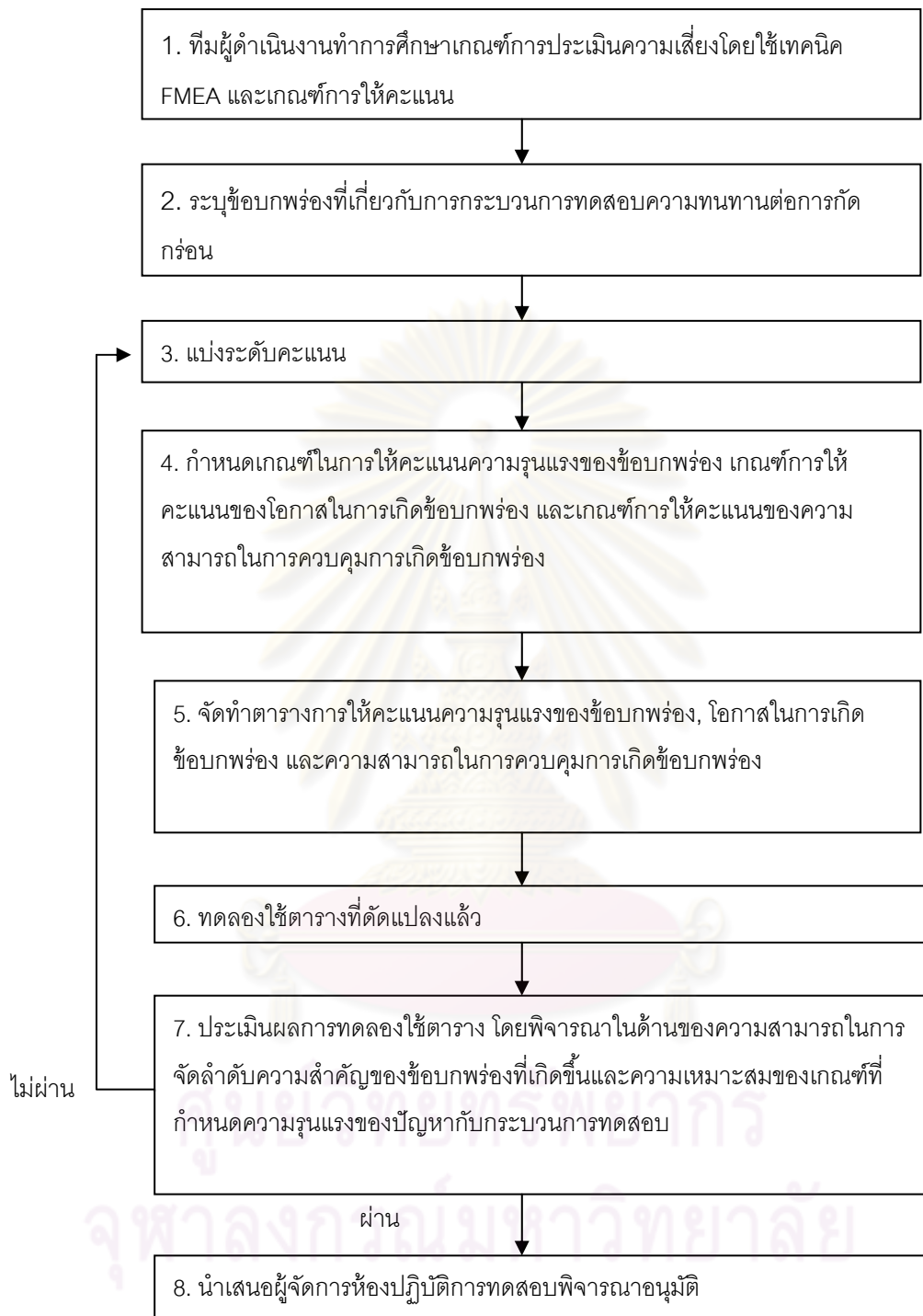
หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ถึงปัญหาและสาเหตุหลักของแต่ละกระบวนการทดสอบอย่างละเอียดแล้ว ทางทีมผู้ดำเนินงานซึ่งประกอบไปด้วย ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ฝ่ายควบคุมคุณภาพและฝ่ายเทคนิคบริการ ได้ระดมสมองเพื่อประเมินสาเหตุของปัญหาและจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหา โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การประยุกต์เทคนิค FMEA

ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ถูกรวบรวมและนำมาประเมินความสำคัญของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นโดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ซึ่งพิจารณาจากค่าคะแนนความเสี่ยงซึ่งนำ (Risk Priority Number, RPN) ทั้งนี้เนื่องจากเทคนิค FMEA เป็นเทคนิคที่ใช้กันโดยอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการนำเทคนิค FMEA มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนนั้น ต้องทำการประยุกต์หลักเกณฑ์ในการประเมินคะแนนความรุนแรงจากข้อบกพร่อง (Severity: Sev) คะแนนโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: Occ) และคะแนนการควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่อง (Detection) เพื่อให้มีความเหมาะสมกับลักษณะงานทั้งนี้ในการนำหลักเกณฑ์การให้คะแนนมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการทดสอบ โดยหลักเกณฑ์การประเมินคะแนนความรุนแรงจากข้อบกพร่อง (Severity: Sev) คะแนนโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: Occ) และคะแนนการควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่อง (Detection: Dev.) สำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ ตาม AIAG 4th edition แสดงในตารางที่ 3.7, 3.8 และ 3.9 และจากหลักเกณฑ์การประเมินและการให้คะแนนของอุตสาหกรรมยานยนต์นี้ทางทีมผู้ดำเนินงานได้ทำการระดมสมองเพื่อนำหลักการดังกล่าวมาดัดแปลงและประยุกต์ใช้กับกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนอย่างเหมาะสม โดยหลักเกณฑ์การประเมินคะแนนความรุนแรงจากข้อบกพร่อง (Severity: Sev) คะแนนโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: Occ) และคะแนนการควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่อง (Detection: Dev.) สำหรับกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนแสดงในตารางที่ 3.10, 3.11 และ 3.12 โดยตารางที่ 3.10 เป็นตารางแสดงเกณฑ์ประเมินคะแนนระดับความรุนแรงของข้อบกพร่องในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนซึ่งได้ทำการประยุกต์ดัดแปลงมาจากตารางที่ 3.6 ซึ่งเป็นตารางเกณฑ์ประเมินคะแนนระดับความรุนแรงของข้อบกพร่องที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยแสดงการให้คะแนน 10 ระดับและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละระดับให้เหมาะสมกับกระบวนการทดสอบ ตารางที่ 3.11 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิด

ข้อบกพร่องในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนซึ่งทำการประยุกต์และดัดแปลงมาจากตารางที่ 3.8 ซึ่งเป็นตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยแบ่งระดับคะแนนออกเป็น 10 ระดับ และใช้เปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาดมาพิจารณาเป็นเกณฑ์ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ของระดับคะแนนคล้ายกันกับที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ และสุดท้าย ตารางที่ 3.12 เป็นตารางที่แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนซึ่งประยุกต์และดัดแปลงมาจากตารางที่ 3.9 ซึ่งเป็นตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนการควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยแบ่งคะแนนออกเป็น 10 ระดับ และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละระดับให้เหมาะสมกับกระบวนการทดสอบ เนื่องจากตารางที่ 3.10, 3.11 และ 3.12 เป็นตารางที่ดัดแปลงมาจากตารางที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ดังนั้นหลังจากทำการประยุกต์และดัดแปลงตารางการให้คะแนนเพื่อใช้ในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนแล้ว ต้องทำการทดลองนำไปใช้จริงเพื่อเป็นการยืนยันว่าตารางการให้คะแนนทั้งสามตารางมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน โดยขั้นตอนการทดลองสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.12 ซึ่งตารางที่ 3.10, 3.11 และ 3.12 ซึ่งเป็นตารางที่ประยุกต์ดัดแปลงแล้ว และได้รับการอนุมัติจากผู้จัดการห้องปฏิบัติการทดสอบเรียบร้อยแล้วนำมาใช้จริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 แสดงขั้นตอนการพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ในกระบวนการทดสอบ

ตารางที่ 3.7 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความรุนแรงจากลักษณะข้อบกพร่องในอุตสาหกรรมยานยนต์ (SEV)

ผลกระทบ	เกณฑ์ความรุนแรงของผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ (ผลกระทบต่อลูกค้า)	คะแนน	ผลกระทบ	เกณฑ์ความรุนแรงของผลกระทบต่อกระบวนการ (ผลกระทบต่อการผลิต)
ผิดข้อกำหนด ด้านความ ปลอดภัยและ/ หรือข้อกำหนด	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์โดย ปราศจากการเตือน	10	ผิดข้อกำหนด ด้านความ ปลอดภัยและ/ หรือข้อกำหนด	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรและ เครื่องมือทดสอบ)โดยปราศจากการเตือน
	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยมีการ เตือนทั้งหมดเสียหาย	9		อาจทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรและ เครื่องมือทดสอบ)โดยมีการเตือน
เกิดความเสียหาย ในฟังก์ชันเบื้องต้น	เกิดความเสียหายต่อฟังก์ชันการใช้งานเบื้องต้น (แต่ไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้งาน)	8	เกิดความ เสียหายสูง	100% ของผลิตภัณฑ์ถูก reject, หยุด line
	ประสิทธิภาพการใช้งานตามฟังก์ชันเบื้องต้นของ ผลิตภัณฑ์ลดลง	7		เกิดผลกระทบ มาก
เกิดความเสียหาย ในฟังก์ชันรอง	เกิดความเสียหายต่อฟังก์ชันรอง ทำให้เกิดความไม่ สะดวกต่อการใช้งานของลูกค้า	6	เกิดความ เสียหายปานกลาง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) นำกลับมา re-process ใหม่ นอก line การผลิตและผล OK
	ประสิทธิภาพการใช้งานตามฟังก์ชันรองของ ผลิตภัณฑ์ลดลง	5		ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) นำกลับมา re-process ใหม่ นอก line การผลิตและผล OK
เกิดความเสียหาย เล็กน้อย	ลูกค้าส่วนใหญ่ (>75%) ไม่พอใจในคุณภาพฟิล์ม	4	เกิดความ เสียหายปานกลาง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) นำกลับมา re-process ใหม่ใน line การผลิตและผล OK
	ลูกค้าส่วนใหญ่ (>50%) ไม่พอใจในคุณภาพฟิล์ม	3		ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) นำกลับมา re-process ใหม่ใน line การผลิตและผล OK
	ลูกค้าส่วนใหญ่ (<25%) ไม่พอใจในคุณภาพฟิล์ม	2		เกิดผลกระทบต่อการผลิตเล็กน้อย
ไม่เกิดผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	1	ไม่เกิดผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ

ที่มา: Automotive Industry Action Group (AIAG)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.8 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องในอุตสาหกรรมยานยนต์ (OCC)

โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง	เกณฑ์อัตราการเกิดข้อบกพร่อง	ระดับ
สูงมาก	≥ 100 ppm	10
	≥ 1 ใน 10	
สูง	50 ppm	9
	1 ใน 20	8
	20 ppm	
ปานกลาง	1 ใน 50	7
	10 ppm	6
	1 ใน 100	
ต่ำ	2 ppm	5
	1 ใน 500	4
	0.5 ppm	
ต่ำมาก	1 ใน 2000	3
	0.1 ppm	
	1 ใน 10000	2
ต่ำมาก	0.01 ppm	1
	1 ใน 100000	
ต่ำมาก	≤ 0.001 ppm	1
	1 ใน 1000000	
ต่ำมาก	ข้อบกพร่องถูกกำจัดด้วยการควบคุม	1

ที่มา: Automotive Industry Action Group (AIAG)

ตารางที่ 3.9 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนการควบคุมไม่ให้เกิดข้อบกพร่องในอุตสาหกรรมยานยนต์ (DET)

ความน่าจะเป็นของการตรวจพบ	เกณฑ์ความน่าจะเป็นของการตรวจพบข้อบกพร่อง	ระดับ
เกือบตรวจจับไม่ได้	ไม่มีกระบวนการควบคุม ไม่สามารถตรวจจับได้หรือไม่มีการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง	10
ห่างไกลมาก	ยากต่อการตรวจพบข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาด (เช่น การตรวจแบบสุ่ม)	9
ห่างไกล	การตรวจพบข้อบกพร่องหลังกระบวนการผลิตโดยพนักงานสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า	8
ต่ำมาก	การตรวจพบข้อบกพร่องระหว่างการผลิตโดยพนักงานสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าหรือการตรวจพบข้อบกพร่องหลังกระบวนการผลิตด้วยการใช้เครื่องมือวัด (go/no-go)	7
ต่ำ	การตรวจพบข้อบกพร่องหลังกระบวนการผลิตด้วยการใช้เครื่องมือวัดทางสถิติหรือการตรวจพบระหว่างกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือวัด (go/no-go)	6
ปานกลาง	การตรวจพบข้อบกพร่องระหว่างกระบวนการผลิตโดยพนักงานใช้เครื่องมือวัดทางสถิติหรือระบบควบคุมอัตโนมัติระหว่างกระบวนการผลิตซึ่งจะตรวจสอบชิ้นส่วนที่มีจุดบกพร่องได้ การวัดนี้จะใช้เป็นการ set-up การผลิตและตรวจสอบชิ้นงานชิ้นแรกของการผลิต	5
ค่อนข้างสูง	การตรวจสอบข้อบกพร่องหลังผ่านกระบวนการด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติซึ่งจะตรวจสอบชิ้นงานที่มีจุดบกพร่องและป้องกันข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นตลอดการดำเนินการ	4
สูง	การตรวจสอบข้อบกพร่องระหว่างกระบวนการด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติซึ่งจะตรวจสอบชิ้นงานที่มีจุดบกพร่องและป้องกันข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นตลอดการดำเนินการ	3
สูงมาก	การตรวจสอบความผิดพลาดระหว่างกระบวนการด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติซึ่งจะตรวจจับความผิดพลาดและชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องจากการผลิต	2
ทั้งหมด	การป้องกันความผิดพลาดด้วยการออกแบบลักษณะผลิตภัณฑ์ การออกแบบเครื่องจักรหรือการออกแบบชิ้นส่วนประกอบ ชิ้นส่วนที่มีจุดบกพร่องจะไม่ถูกทำให้เกิดขึ้นเพราะการออกแบบกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์จะป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	1

ที่มา: Automotive Industry Action Group (AIAG)

ตารางที่ 3.10 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความรุนแรงจากลักษณะข้อบกพร่องสำหรับกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (Sev)

ผลกระทบ	เกณฑ์ความรุนแรงของผลกระทบ	ระดับ
ผิดต่อกฎหมาย	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องมือทดสอบ) โดยปราศจากการเตือน	10
ด้านความปลอดภัยและ	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องมือทดสอบ) โดยมีการเตือนทั้งหมดเสียหาย	9
สูงมาก	ข้อบกพร่องมีความร้ายแรงสูงมาก ชิ้นงานมากกว่าหรือเท่ากับ 20% เสียหายจากการทดสอบในเครื่อง SST ต้องหยุดทำการทดสอบและใช้เวลาแก้ปัญหาหรือซ่อมเครื่อง SST มากกว่าหรือเท่ากับ 48 ชม.	8
สูง	ข้อบกพร่องมีความร้ายแรงสูง ชิ้นงานบางส่วน (น้อยกว่า 20%) เสียหายจากการทดสอบในเครื่อง SST ต้องหยุดทำการทดสอบและใช้เวลาแก้ปัญหาหรือซ่อมเครื่อง SST มากกว่าหรือเท่ากับ 24 ชม.	7
ปานกลาง	ข้อบกพร่องมีความร้ายแรงปานกลาง ชิ้นงานทดสอบได้รับความเสียหายจากกระบวนการทดสอบอื่นที่ไม่ใช่การทดสอบในเครื่อง SST โดยหาสาเหตุและนำกลับมาแก้ไขได้	6
	ข้อบกพร่องมีความร้ายแรงต่ำ ชิ้นงานทดสอบได้รับความเสียหายจากกระบวนการทดสอบที่เป็นกระบวนการทดสอบอื่นที่ไม่ใช่การทดสอบในเครื่อง SST สามารถหาสาเหตุและนำกลับมาแก้ไขได้ทันที	5
ปานกลาง	ข้อบกพร่องมีความร้ายแรงต่ำมาก หากเกิดข้อผิดพลาดในการทดสอบสามารถสังเกตและแก้ไขข้อผิดพลาดได้ขณะทำการทดสอบในกระบวนการนั้นๆ	4
	ข้อบกพร่องมีความร้ายแรงเพียงเล็กน้อย อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทดสอบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1% โดยสามารถแก้ไขได้ขณะดำเนินการทดสอบ	3
เล็กน้อย	ข้อบกพร่องมีผลกระทบเพียงเล็กน้อย ทำให้กระบวนการทดสอบและการทำการทดสอบติดขัดเพียงเล็กน้อย	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	1

จากตารางที่ 3.10 เป็นตารางการให้คะแนนเกณฑ์ความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น โดยได้ดัดแปลงมาจากเกณฑ์ความรุนแรงของผลกระทบของ AIAG 4th Edition รายละเอียดตามตารางที่ 3.7 ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 3.10 นี้ เป็นการรวบรวมปัญหาที่เคยเกิดขึ้นในอดีต แล้วนำมาจัดลำดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อให้ตรงกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงและสามารถนำตารางนี้ไปปฏิบัติการควบคุมได้โดยไม่เกิดปัญหาในการใช้งาน

ตารางที่ 3.11 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (Occ)

โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง	เกณฑ์อัตราการเกิดข้อบกพร่อง	ระดับ
สูงมาก: เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	มากกว่า 40%	10
สูง: เกิดข้อบกพร่องบ่อย	35%-39.99%	9
	30%-34.99%	8
	25%-29.99%	7
ปานกลาง: เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	20%-24.99%	6
	15%-19.99%	5
	10%-14.99%	4
ต่ำ: เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	5%-9.99%	3
	1%-4.99%	2
ต่ำมาก: เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	น้อยกว่า 1%	1

จากตารางที่ 3.11 การกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนนั้นได้นำเอาค่าที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลการปฏิบัติงานจริงระหว่างตุลาคม 2551 ถึงมีนาคม 2552 มากำหนดเป็นเกณฑ์ การกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ต่างจากอุตสาหกรรมยานยนต์ แต่การให้ระดับคะแนนของโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องยังคงเหมือนกับที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์

ตารางที่ 3.12 ตารางเกณฑ์การให้คะแนนความน่าจะเป็นของการตรวจจับข้อบกพร่องในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (Det)

ความน่าจะเป็นของการตรวจพบ	เกณฑ์ความน่าจะเป็นของการตรวจพบข้อบกพร่อง	ระดับ
เกือบจะตรวจจับไม่ได้	ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องและไม่สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องของกระบวนการได้ และไม่มีกลไกควบคุมข้อบกพร่อง	10
ห่างไกลมาก	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นตรวจจับได้ยาก โอกาสตรวจพบข้อบกพร่องน้อยกว่า 5% ใช้วิธีการสุ่มตรวจ	9
ห่างไกล	ควบคุมข้อบกพร่องด้วยการตรวจจับข้อบกพร่องภายหลังจากการผ่านกระบวนการแต่ละขั้นตอนแล้วด้วยการ visual check ของพนักงานผู้รับผิดชอบ	8
ต่ำมาก	ควบคุมข้อบกพร่องด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า 2 ครั้ง จากพนักงานทดสอบและจากหัวหน้างาน	7
ต่ำ	ควบคุมข้อบกพร่องต่ำ โดยใช้เครื่องมือวัด อ่านค่าการวัดเป็นตัวเลข	6
ปานกลาง	ควบคุมข้อบกพร่องได้ปานกลาง ด้วยการตรวจสอบโดยการใช้ check sheet และการทำ daily check	5
ค่อนข้างสูง	ควบคุมข้อบกพร่องได้ค่อนข้างสูง ควบคุมข้อบกพร่องโดยการใช้แผนภูมิควบคุม (X-MR Chart)	4
สูง	ควบคุมข้อบกพร่องได้สูง โดยจัดทำเป็นวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน	3
สูงมาก	สามารถควบคุมข้อบกพร่องได้สูงมาก เครื่องมือสามารถตั้งค่าการใช้งานให้อยู่ในช่วงการใช้งานได้ หากค่าที่ใช้งานเกินกว่าช่วงใช้งานที่ตั้งค่าไว้เครื่องมือสามารถตรวจพบได้ และมีสัญญาณเตือนให้ทราบทันที	2
เกือบตรวจพบได้ทั้งหมด	สามารถควบคุมข้อบกพร่องได้เกือบทั้งหมด เนื่องจากการออกแบบการทำงานและมีระเบียบการปฏิบัติงานที่ป้องกันความผิดพลาดได้	1

3.3.2 การประเมินข้อบกพร่องและการคำนวณค่า RPN

1. การประเมินและการให้คะแนนความรุนแรงของการเกิดข้อบกพร่อง (SEV)

เมื่อพิจารณาถึงกระบวนการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบทั้งหมดอย่างละเอียดสามารถระบุปัญหาหรือข้อบกพร่องที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทดสอบแต่ละกระบวนการและระดับคะแนนความรุนแรงที่กำหนดให้ ดังนี้

- 1) แผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนการทดสอบและสนิมเกิดมากขึ้นหลังการทดสอบ

กระบวนการที่ส่งผลทำให้แผ่นทดสอบเกิดสนิมคือกระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ หากแผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนการทดสอบส่งผลต่อผลการทดสอบและหลังการทดสอบผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบ ทำให้ต้องทำการเตรียมแผ่นทดสอบใหม่อีกครั้ง ระดับความรุนแรงอยู่ที่ระดับ 4

2) รอยกรีดแผ่นทดสอบไม่ถึงผิวของโลหะและไม่สม่ำเสมอ

ปัญหาลักษณะนี้พบอยู่ในกระบวนการเตรียมแผ่นทดสอบ ซึ่งหากเกิดปัญหารอยกรีดไม่สม่ำเสมอจะส่งผลถึงการลามของสนิมจากรอยกรีดที่เกิดขึ้นหลังจากดำเนินการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วน้อยกว่าปกติ ทำให้ต้องการกรีดแผ่นทดสอบใหม่อีกครั้ง ระดับความรุนแรงอยู่ที่ระดับ 5

3) ความเข้มข้นของน้ำเกลือก่อนทดสอบไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด

ปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเตรียมน้ำเกลือ เนื่องจากปัญหาของการใช้เกลือที่ไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด และปริมาณน้ำที่ใช้ไม่คงที่ทำให้เกิดปัญหาความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งส่งผลต่อการทดสอบโดยใช้เครื่อง SST คลาดเคลื่อน ระดับความรุนแรงอยู่ที่ระดับ 5

4) ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่

ปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเตรียมน้ำเกลือโดยการเตรียมน้ำเกลือแต่ละครั้งมีลักษณะและวิธีการเตรียมต่างกันทำให้ผลของค่า pH ที่วัดออกมาได้ไม่เท่ากัน ส่งผลต่อการลามของสนิมผิดปกติ ระดับความรุนแรงอยู่ในระดับ 7

5) การชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาด

ปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเตรียมน้ำเกลือ หากการชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาดจะส่งผลต่อผลการทดสอบในเครื่อง SST ผิดปกติ ดังนั้นต้องทำการเตรียมเกลือใหม่หากทำการชั่งน้ำหนักผิดพลาด ระดับความรุนแรงอยู่ในระดับ 2

6) ผลการทดสอบด้วยเครื่อง SST คลาดเคลื่อน

ปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนด้วยเครื่อง SST ซึ่งสาเหตุหลักมาจากเครื่อง SST ทำงานไม่สม่ำเสมอและเครื่องมีความผิดปกติหรืออยู่ในสถานะที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลกระทบต่อสถานะการทดสอบไม่ได้มาตรฐาน โดยการหาสาเหตุของความผิดปกติของเครื่องส่วนมากมักจะใช้เวลาค่อนข้างนาน ระดับความรุนแรงอยู่ที่ระดับ 8

7) พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด

ซึ่งปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการวิเคราะห์ผลการทดสอบ ปัญหานี้ทำให้ต้องทำการวัดรอยสนิมซ้ำ ระดับความรุนแรงอยู่ที่ระดับ 4

หลังจากทำการวิเคราะห์ความรุนแรงตามข้อมูลข้างต้นแล้ว สามารถสรุปรายละเอียดได้
ดังนี้

ตารางที่ 3.13 แสดงระดับความรุนแรงและผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดปัญหาขึ้นในกระบวนการ
ทดสอบ

กระบวนการ	ลักษณะปัญหา	ผลกระทบ	ระดับ
1. การควบคุมแผ่นทดสอบ	แผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนและหลังการ ทดสอบ	ให้ผลการทดสอบหรือผลการวิเคราะห์ ผลการทดสอบผิดพลาด ต้องทำการ เตรียมแผ่นซ้ำ	4
2. การเตรียมแผ่นทดสอบ	รอยกรีดแผ่นทดสอบไม่ถึงผิวของโลหะ และไม่สม่ำเสมอ	ระยะเวลาของสนิมจากรอยกรีดที่ เกิดขึ้นหลังจากดำเนินการทดลอง เสร็จผิดปกติ ต้องเตรียมแผ่นทดสอบ ใหม่	5
3. การเตรียมน้ำเกลือ	- ความเข้มข้นของน้ำเกลือก่อนทดสอบไม่ อยู่ในช่วงที่กำหนด - ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่ - การชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาด	- การทดสอบโดยใช้เครื่อง SST คลาดเคลื่อน - ระยะเวลาของสนิมผิดปกติ - ส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบในเครื่อง SSTผิดปกติ ต้องทำการเตรียมเกลือ ใหม่	5 7 2
4. กระบวนการทดสอบด้วย เครื่อง SST	ผลการทดสอบด้วยเครื่อง SST คลาดเคลื่อน	สภาวะการทดสอบไม่ได้มาตรฐาน	8
5. กระบวนการวิเคราะห์ผล	พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด	ทำการวัดรอยสนิมซ้ำ	4

2. การประเมินและการให้คะแนนโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (OCC)

หลังจากค้นพบข้อบกพร่องหรือปัญหาจากกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนแล้ว ทางทีมผู้ดำเนินงานได้ระดมสมองและใช้เทคนิค Why-Why analysis เพื่อค้นหาสาเหตุหลักของปัญหา และทำการเก็บข้อมูลข้อบกพร่องที่เกิดจากสาเหตุหลักแต่ละสาเหตุ โดยรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือน ตุลาคม 2551 ถึง มีนาคม 2552 จากนั้นทำการประเมินความถี่ของโอกาสของ

การเกิดข้อบกพร่องโดยการวิเคราะห์และประเมินระดับคะแนนของโอกาสของการเกิดข้อบกพร่องได้ดังนี้

1) แผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนและหลังการทดสอบ

ปัญหาแผ่นทดสอบเกิดสนิมนี้อยู่ในกระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ ซึ่งจากการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาพบว่า สาเหตุของข้อบกพร่องและระดับคะแนนที่ได้จากการประเมิน เป็นดังนี้

1.1) สภาวะแวดล้อมของการเก็บแผ่นทดสอบไม่เหมาะสม ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโอกาสการเกิดข้อบกพร่องเท่ากับ 13.17% อยู่ในระดับ 4

1.2) ใช้มือจับชิ้นงานบริเวณที่ทำการศึกษาทำให้เกิดสนิมเป็นรอยนิ้วมือ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโอกาสการเกิดข้อบกพร่องเท่ากับ 1.95% อยู่ในระดับ 2

1.3) การห่อเก็บชิ้นแผ่นทดสอบและชิ้นงานไม่ดี ทำให้บางส่วนของแผ่นทดสอบและชิ้นงานสัมผัสกับอากาศโดยเฉพาะบริเวณรอยกรีด ส่งผลให้เกิดสนิม ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโอกาสการเกิดข้อบกพร่องเท่ากับ 7.32% อยู่ในระดับ 3

2) รอยกรีดแผ่นทดสอบไม่ถึงผิวของโลหะและไม่สม่ำเสมอ

ปัญหารอยกรีดแผ่นทดสอบไม่ถึงผิวของโลหะและไม่สม่ำเสมอนี้เกิดขึ้นที่กระบวนการเตรียมแผ่นทดสอบ จากการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่า โอกาสที่จะทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการนี้มีสาเหตุหลายสาเหตุ ดังนี้

2.1) การเตรียมแผ่นครั้งละหลายแผ่น ซึ่งทำให้เกิดการเมื่อยล้าเนื่องจากการกรีดแผ่นทดสอบต้องออกแรงกรีดลงไปให้ถึงผิวโลหะ โดยจากการศึกษาพบว่าถ้ากรีดชิ้นงานติดต่อกันเกิน 8 แผ่น มักจะเกิดข้อบกพร่องเสมอ โอกาสของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 2.19% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 2

2.2) ใบมีดคัตเตอร์ไม่แข็ง ทำให้รอยกรีดไม่ลึกลงไปถึงผิวโลหะ โอกาสของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 2.92% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 2

3) ความเข้มข้นของน้ำเกลือก่อนทดสอบไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด

ปัญหาความเข้มข้นของน้ำเกลือก่อนทดสอบไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดเกิดขึ้นในกระบวนการเตรียมน้ำเกลือ จากการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่า โอกาสที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการนี้มีสาเหตุดังนี้

3.1) การเตรียมน้ำเกลือซ้ำในแต่ละครั้งเตรียมไม่เท่ากัน ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 17.68% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 5

3.2) พนักงานทำการเตรียมและซึ่งสารเคมีไม่ตรงกับวิธีที่กำหนด เนื่องจากใช้เวลาค่อนข้างนานและขั้นตอนยุ่งยาก จากการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่า ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 20.99% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 4

4) ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่

ปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเตรียมน้ำเกลือ จากการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่า โอกาสที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการนี้มีสาเหตุดังนี้

4.1) สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 12.15% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 4

4.2) สารเคมีเสื่อมสภาพ เนื่องจากการเก็บรักษาในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 0.55% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 1

4.3) อุณหภูมิในการวัดค่า pH ไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากค่า pH เปลี่ยนตามอุณหภูมิ ดังนั้นต้องวัดค่า pH ตามอุณหภูมิที่มาตรฐานกำหนด ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 12.71% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 4

5) การชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาด

ปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเตรียมน้ำเกลือ จากการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่า โอกาสที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการนี้มีสาเหตุดังนี้

5.1) ไม่ระบุตำแหน่งของเลขนัยสำคัญ ทำให้การชั่งเกลือแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้น้อยกว่า 0.55% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 1

5.2) ใช้เครื่องชั่งความละเอียดไม่เท่ากัน เนื่องจากในห้องซึ่งสารเคมี มีเครื่องชั่ง 3 เครื่อง ตำแหน่งทศนิยมของเครื่องชั่งแต่ละเครื่องต่างกัน ได้แก่ เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง และเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง เมื่อใช้เครื่องชั่งความละเอียดไม่เท่ากันอาจทำให้น้ำหนักการชั่งต่างกันเท่ากัน ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้น้อยกว่า 0.55% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 1

6) ผลการทดสอบด้วยเครื่อง SST คลาดเคลื่อน

ปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนด้วยเครื่อง SST ซึ่งจากการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่า โอกาสที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการนี้มีสาเหตุดังนี้

6.1) เครื่อง SST ทำงานไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากต้องหยุดเครื่องเมื่อน้ำเกลือหมดและการใส่ชิ้นงานทดสอบ จากการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่า ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 26.52% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 7

6.2) เครื่องทำงานผิดปกติหรืออยู่ในสถานะที่ไม่พร้อมใช้งาน จากการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่า ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 13.81% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 4

6.3) สถานะทดสอบไม่เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด ส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบที่ได้ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 32.04% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 8

6.4) วางชิ้นงานในเครื่อง SST ผิด โอกาสข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 8.78% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 3

6.5) สภาพแวดล้อมของเครื่องมือทดสอบไม่ได้ถูกควบคุม ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 5.52% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 2

6.6) เครื่อง SST เสียเป็นเวลานาน เนื่องจากการทำ preventive maintenance ไม่ตรงตามมาตรฐานกำหนด ดังนั้นโอกาสข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 10.50% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 4

7) วิเคราะห์ผลการลามาของสนิมผิดพลาด

ซึ่งปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการวิเคราะห์ผลการทดสอบ ปัญหานี้ทำให้ต้องทำการวัดรอยสนิมซ้ำ จากการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่า โอกาสที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการนี้มีสาเหตุดังนี้

7.1) พนักงานกำหนดจุดวัดต่างกัน ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 26.34% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 7

7.2) ไม่มีวิธีการวัดที่เป็นมาตรฐาน ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 16.10% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 5

7.3) แผ่นทดสอบเป็นสนิมก่อนการทดสอบ ทำให้สนิมลามากกว่าปกติ ส่งผลให้การวิเคราะห์ผลผิดพลาด ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 3.9% ซึ่งเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปเทียบในตารางที่ 3.11 พบว่าอยู่ที่ระดับ 2

3. การประเมินและการให้คะแนนการควบคุมไม่ให้เกิดข้อบกพร่อง (DET)

หลังจากที่ทำการค้นหาสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและทำการประเมินระดับโอกาสของการเกิดข้อบกพร่องแล้ว นำสาเหตุหลักของข้อบกพร่องดังกล่าวมาประเมินเพื่อหาความสามารถในการควบคุมไม่ให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนต่อไปได้ โดยสามารถวิเคราะห์และให้ระดับคะแนน ได้ดังนี้

1) แผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนการทดสอบและสนิมเกิดมากขึ้นหลังการทดสอบ สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องมีดังนี้

1.1) สภาพแวดล้อมของการเก็บแผ่นทดสอบไม่เหมาะสม ปัจจุบันควบคุมด้วยการตรวจสอบด้วยสายตา ก่อนนำไปทำการทดสอบ ระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 8

1.2) ใช้มือจับชิ้นงานบริเวณที่ทำการทดสอบ ทำให้เกิดสนิมเป็นรอยนิ้วมือ สามารถควบคุมได้ด้วยการอบรมวิธีปฏิบัติงานให้แก่พนักงาน ระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 7

1.3) การห่อเก็บชิ้นแผ่นทดสอบและชิ้นงานไม่ดี ทำให้บางส่วนของแผ่นทดสอบและชิ้นงานสัมผัสกับอากาศโดยเฉพาะบริเวณรอยกรีด ส่งผลให้เกิดสนิม สามารถควบคุมได้ด้วยการตรวจสอบแผ่นก่อนนำไปทดสอบ ระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 8

2) รอยกรีดแผ่นทดสอบไม่ถึงผิวของโลหะและไม่สม่ำเสมอ สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและสามารถควบคุมข้อบกพร่องได้ดังนี้

2.1) การเตรียมแผ่นครั้งละหลายแผ่น ซึ่งทำให้เกิดการเมื่อยล้าเนื่องจากการกรีดแผ่นทดสอบต้องออกแรงกรีดลงไปให้ถึงผิวโลหะ ปัจจุบันควบคุมจำนวนแผ่นที่จะทำการกรีดต่อการเตรียม ซึ่งระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 7

2.2) ใบมีดคัตเตอร์ไม่แข็ง ทำให้รอยกรีดไม่ลึกลงไปถึงผิวโลหะ ซึ่งสามารถควบคุมได้ด้วยการกำหนดใบมีดที่ใช้และความถี่ของการเปลี่ยนใบมีด ระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 3

3) ความเข้มข้นของน้ำเกลือก่อนทดสอบไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและสามารถควบคุมข้อบกพร่องได้ดังนี้

3.1) การเตรียมน้ำเกลือซ้ำในแต่ละครั้งเตรียมไม่เท่ากัน สามารถวัดค่าความหนาแน่น (ความเข้มข้น) เพื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดให้ได้ โดยปัจจุบันกำหนดวิธีมาตรฐาน ระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 3

3.2) พนักงานทำการเตรียมและชั่งสารเคมีไม่ตรงกับวิธีที่กำหนด เนื่องจากใช้เวลาค่อนข้างนานและขั้นตอนยุ่งยาก ปรับปรุงวิธีการทำงานและสามารถเปรียบเทียบขั้นตอนการเตรียมของพนักงานกับขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้ ระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 6

4) ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่ สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่องได้ดังนี้

4.1) สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน โดยเปรียบเทียบส่วนประกอบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 3

4.2) สารเคมีเสื่อมสภาพ เนื่องจากสภาพแวดล้อมในการเก็บสารเคมีไม่ถูกต้อง โดยต้องทำการควบคุมอุณหภูมิในการเก็บ โดยระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 3

4.3) อุณหภูมิในการวัดค่า pH ไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากค่า pH เปลี่ยนตามอุณหภูมิ ดังนั้นต้องวัดค่า pH ตามอุณหภูมิที่มาตรฐานกำหนด ต้องทำการควบคุมอุณหภูมิโดยระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 5

5) การชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาด สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่องได้ดังนี้

5.1) ไม่ระบุตำแหน่งของเลขนัยสำคัญ ทำให้การชั่งเกลือแต่ละครั้งไม่เท่ากัน สามารถกำหนดเลขนัยสำคัญได้ โดยระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 3

5.2) ใช้เครื่องชั่งความละเอียดไม่เท่ากัน เนื่องจากในห้องชั่งสารเคมี มีเครื่องชั่ง 3 เครื่อง ตำแหน่งทศนิยมของเครื่องชั่งแต่ละเครื่องต่างกัน ทำการกำหนดเครื่องชั่งที่จะทำการชั่งสารเคมี และติดป้ายระบุไว้ที่พื้นที่ปฏิบัติงาน โดยระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 3

6) ผลการทดสอบด้วยเครื่อง SST คลาดเคลื่อน สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่องได้ดังนี้

6.1) เครื่อง SST ทำงานไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากต้องหยุดเครื่องเมื่อน้ำเกลือหมด ควบคุมด้วยการจัดทำ daily check โดยระดับคะแนนที่ประเมินได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 5

6.2) เครื่องทำงานผิดปกติหรืออยู่ในสภาวะไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งสาเหตุนี้ควบคุมได้ยาก แต่จัดทำเป็น daily check โดยระดับคะแนนที่ประเมินจากความสามารถในการควบคุมได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 5

6.3) สภาวะทดสอบไม่เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด ส่งผลต่อผลการทดสอบที่ได้ สามารถเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่กำหนดได้โดยการบันทึกสภาวะทดสอบ โดยระดับคะแนนที่ประเมินจากความสามารถในการควบคุมได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 5

6.4) วางชิ้นงานในเครื่อง SST ผิด จึงไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าแต่ละตำแหน่งในเครื่อง SST ให้ผลการทดสอบเหมือนกัน ปัจจุบันมีการกำหนดการวางชิ้นงานตามที่วางชิ้นงาน โดยระดับคะแนนที่ประเมินจากความสามารถในการควบคุมได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 3

6.5) สภาพแวดล้อมของเครื่องมือทดสอบไม่ได้ถูกควบคุม เราสามารถควบคุมได้ด้วยการใช้เครื่องมือวัดและจัดทำบันทึก โดยระดับคะแนนที่ประเมินจากความสามารถในการควบคุมได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 5

6.6) เครื่อง SST เสียเป็นเวลานาน เกิดจากการไม่ทำ preventive maintenance ตามแผนที่กำหนดไว้ และสังเกตจากการทำงาน โดยระดับคะแนนที่ประเมินจากความสามารถในการควบคุมได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 5

7) วิเคราะห์ผลการลวมของสนิมผิดพลาด สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่องได้ดังนี้

7.1) พนักงานกำหนดจุดวัดต่างกัน ปัจจุบันควบคุมด้วยการทำการอบรมและวัดผลด้วยการวิเคราะห์ผลการทดสอบของพนักงาน และจัดทำวิธีปฏิบัติงานไว้หน้างาน โดยระดับคะแนนที่ประเมินจากความสามารถในการควบคุมได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 3

7.2) ไม่มีวิธีการวัดที่เป็นมาตรฐาน ควบคุมผลการวิเคราะห์ด้วยการกำหนดวิธีวัดที่เป็นมาตรฐาน โดยระดับคะแนนที่ประเมินจากความสามารถในการควบคุมได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 3

7.3) แผ่นทดสอบเป็นสนิมก่อนการทดสอบ ทำให้สนิมลวมมากกว่าปกติ ส่งผลให้การวิเคราะห์ผลผิดพลาด ควบคุมข้อบกพร่องด้วยการตรวจสอบด้วยตาโดยพนักงาน โดยระดับคะแนนที่ประเมินจากความสามารถในการควบคุมได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.12 ได้เท่ากับ 8

หลังจากทำการวิเคราะห์และประเมินระดับคะแนนของโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องและความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่อง สามารถสรุปผลการประเมินดังตารางที่ 3.14

4. การคำนวณค่า RPN

หลังจากทางทีมผู้ดำเนินงานได้ประเมินและกำหนดระดับความรุนแรงที่เกิดจากผลกระทบจากข้อบกพร่อง โอกาสในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง และการควบคุมการเกิดข้อบกพร่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำค่าระดับคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่า RPN เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของปัญหา และดำเนินการแก้ไขปัญหานั้นในมีผลกระทบต่อ การดำเนินการทดสอบน้อยลง โดยค่า RPN คำนวณได้จากคะแนนที่ได้จากการประเมินแต่ละ หัวข้อมาคูณกัน ดังนี้

$$RPN = Sev \times Occ \times Det$$

โดยสามารถสรุปค่า RPN ของสาเหตุของข้อบกพร่องทั้งหมดที่คำนวณได้แสดงอยู่ใน ตารางที่ 3.14

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.14 ตารางแสดงการประเมินข้อบกพร่องและการคำนวณค่า RPN ของสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง

ลำดับที่	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่อง	Sev	สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง	Occ	การควบคุมกระบวนการ	Det	RPN
1	แผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนและหลังการทดสอบ	ให้ผลการทดสอบหรือผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบผิดพลาด ต้องทำการเตรียมแผ่นซ้ำ	4	1.1) สภาวะแวดล้อมของการเก็บแผ่นทดสอบไม่เหมาะสม	4	ตรวจสอบแผ่นทดสอบก่อนนำไปทดสอบ	8	128
				1.2) ใช้มือจับชิ้นงานบริเวณที่ทำกรทดสอบ	2	อบรมพนักงานเกี่ยวกับการจับแผ่นทดสอบ	7	56
				1.3) การห่อเก็บชิ้นแผ่นทดสอบและชิ้นงานไม่ดี	3	ตรวจสอบแผ่นทดสอบก่อนนำไปทดสอบ	8	96
2	รอยกรีดแผ่นทดสอบไม่ถึงผิวของโลหะและไม่สม่ำเสมอ	ระยะการลามของสนิมจากรอยกรีดที่เกิดขึ้นหลังจากดำเนินการทดลองเสร็จผิดปกติ ต้องเตรียม	5	2.1) การเตรียมแผ่นครั้งละหลายแผ่น	2	กำหนดจำนวนแผ่นที่ทำกรเตรียมต่อครั้ง	7	70
				2.2) ไขมีดคัตเตอร์ไม่แข็ง	2	กำหนดไขมีดที่ใช้กรีด	3	30
3	ความเข้มข้นของน้ำเกลือก่อนทดสอบไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด	การทดสอบโดยใช้เครื่อง SST คลาดเคลื่อน	5	3.1) การเตรียมน้ำเกลือซ้ำในแต่ละครั้งเตรียมไม่เท่ากัน	5	กำหนดวิธีมาตรฐาน	3	75
				3.2) พนักงานทำการเตรียมและชั่งสารเคมีไม่ตรงกับวิธีที่กำหนด	4	วัดค่า pH ก่อนนำไปใช้	6	120
4	ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่	การลามของสนิมผิดปกติ	7	4.1) สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน	4	กำหนดสเปกสารเคมี	3	84
				4.2) สารเคมีเสื่อมสภาพ	1	กำหนดสภาวะการเก็บ	3	21
				4.3) อุณหภูมิในการวัดค่า pH ไม่ได้มาตรฐาน	4	บันทึกอุณหภูมิทุกครั้งที่วัดค่า pH	5	140

ตารางที่ 3.14 ตารางแสดงการประเมินข้อบกพร่องและการคำนวณค่า RPN ของสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง

ลำดับที่	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่อง	S	สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง	O	การควบคุมกระบวนการ	D	R
5	การขังน้ำหนักเกลือผิดพลาด	ส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบในเครื่อง SST ผิดปกติ ต้องทำการเตรียมเกลือใหม่	2	5.1) ไม่ระบุตำแหน่งของเลข นัยสำคัญ	1	กำหนดตำแหน่งที่นิยม	3	6
				5.2) ใช้เครื่องขังความละเอียดไม่ เท่ากัน	1	กำหนดเครื่องขัง	3	6
6	ผลการทดสอบด้วยเครื่อง SST คลาดเคลื่อน	สภาวะการทดสอบไม่ได้มาตรฐาน	8	6.1) เครื่อง SST ทำงานไม่ ต่อเนื่อง	7	จัดทำ Daily check	5	280
				6.2) เครื่องทำงานผิดปกติหรือ อยู่ในสภาวะไม่พร้อมใช้งาน	4	จัดทำ Daily check และ แผนการซ่อมบำรุง	5	160
				6.3) สภาวะทดสอบไม่เป็นไป ตามมาตรฐานกำหนด	8	จัดทำบันทึกสภาวะทดสอบ	5	320
				6.4) วางชิ้นงานในเครื่อง SST ผิด	3	กำหนดวิธีวางชิ้นงาน	3	72
				6.5) สภาพแวดล้อมของ เครื่องมือทดสอบไม่ได้ถูกควบคุม แวดล้อม	2	จัดทำบันทึกสภาวะ แวดล้อม	5	80
				6.6) เครื่อง SST เสียเป็น เวลานาน	4	จัดทำกร maintenance	5	160
7	พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด	ต้องทำการวัดสนิมซ้ำ	4	7.1) พนักงานกำหนดจุดวัด ต่างกัน	7	จัดทำเป็นวิธีมาตรฐาน	3	84
				7.2) ไม่มีวิธีการวัดที่เป็น มาตรฐาน	5	กำหนดวิธีวิเคราะห์ผล	3	60
				7.3) แผ่นทดสอบเป็นสนิมก่อน การทดสอบ	2	ตรวจสอบด้วยสายตา	8	64

3.3.3 การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง

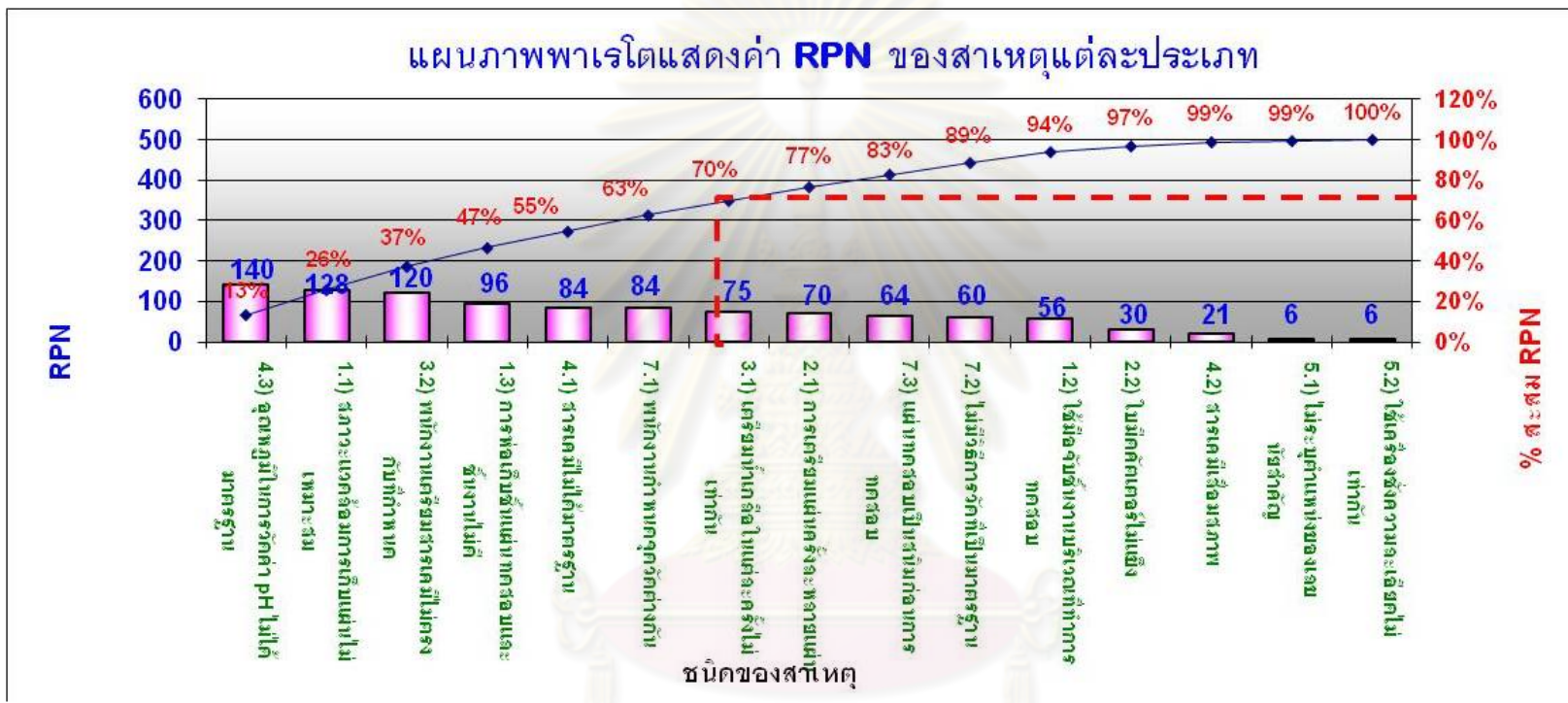
จากการประเมินลำดับความสำคัญของสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและค่า RPN ที่คำนวณได้ดังตารางที่ 3.14 เนื่องจากสาเหตุของปัญหามีจำนวนมากดังนั้นต้องทำการคัดเลือกปัญหาที่มีความสำคัญลำดับต้นๆมาทำการลดผลกระทบของข้อบกพร่องนั้นๆโดยขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของข้อบกพร่องโดยใช้หลักการพิจารณา RPN ตาม FMEA 4th Edition เป็นดังนี้

ขั้นตอนแรก พิจารณาที่ค่า Sev จากหลักการของ FMEA 4th edition นั้น สาเหตุของปัญหาที่มีค่า Sev ตั้งแต่ 7 ขึ้นไปจะถูกนำมาพิจารณาก่อนเป็นอันดับแรก เมื่อทำการประเมินพบว่าสาเหตุของปัญหาที่นำมาพิจารณาก่อน ได้แก่ ปัญหาผลการทดสอบด้วยเครื่อง SST คลาดเคลื่อน ซึ่งมีระดับความรุนแรงเท่ากับ 8 ดังนั้นสาเหตุของข้อบกพร่องข้อนี้จึงถูกเลือกมาทำการควบคุมและลดข้อบกพร่องเป็นอันดับแรก

ขั้นตอนที่สอง นำสาเหตุของข้อบกพร่องที่เหลืออยู่จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของข้อบกพร่อง โดยการใช้กราฟพาเรโตเข้ามาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดลำดับความสำคัญ ดังรูปที่ 3.13 ซึ่งการใช้แผนภูมิพาเรโตเป็นเครื่องมือในการจัดลำดับข้อมูลสามารถแสดงลำดับข้อมูลได้ชัดเจนมากขึ้น จากการประชุมกับทีมผู้ดำเนินงานเพื่อหาเกณฑ์ในการคัดเลือกสาเหตุข้อบกพร่องมาทำการปรับปรุงนั้นสรุปได้ว่าเกณฑ์การคัดเลือกสาเหตุของปัญหาเพื่อทำการปรับปรุงนั้นใช้หลักการของพาเรโต 70:30 มาใช้คัดเลือก RPN โดยพบว่าสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 126 เป็นต้นไปถูกคัดเลือก นอกจากนี้ใช้เกณฑ์การคัดเลือกสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโตแล้วยังต้องพิจารณาค่า Sev ระหว่างสาเหตุที่ถูกคัดเลือกกับสาเหตุที่ไม่ถูกคัดเลือกควบคู่ไปด้วยเนื่องจากในบางกรณีค่า RPN อาจเท่ากัน แต่ความรุนแรงของผลกระทบของสาเหตุของข้อบกพร่องที่ไม่ถูกเลือกสูงกว่า ดังนั้นจึงต้องเลือกสาเหตุที่มีค่า Sev มากกว่ามาลดผลกระทบก่อน เนื่องจากใน AIAG 4th Edition นั้นระบุว่านอกจากจะพิจารณาที่ $RPN = S \cdot O \cdot D$ แล้ว ยังพิจารณาค่า RPN โดยการนำค่า Sev., Occ., และ Det. มาเรียงกันดังนี้

$$RPN = SOD$$

ดังนั้นสามารถสรุปปัญหาที่ถูกคัดเลือกได้ดังตารางที่ 3.15



รูปที่ 3.13 แผนภูมิแสดงลำดับความสำคัญของสาเหตุของข้อบกพร่องและค่า RPN ที่คำนวณได้

จากกราฟแผนภูมิพาเรโต สามารถเลือกสาเหตุของข้อบกพร่องได้ 7 สาเหตุ ดังนี้

- 1) หัวข้อ 4.3) อุณหภูมิในการวัดค่า pH ไม่ได้มาตรฐาน (RPN = 140)
- 2) หัวข้อ 1.1) สภาวะแวดล้อมการเก็บแผ่นไม่เหมาะสม (RPN = 128)
- 3) หัวข้อ 3.2) พนักงานเตรียมสารเคมีไม่ตรงกับที่กำหนด (RPN = 120)
- 4) หัวข้อ 1.3) การห่อเก็บชิ้นแผ่นทดสอบและชิ้นงานไม่ดี (RPN = 96)
- 5) หัวข้อ 4.1) สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน (RPN = 84)
- 6) หัวข้อ 7.1) พนักงานกำหนดจุดวัดต่างกัน (RPN = 84)
- 7) หัวข้อ 3.1) เตรียมน้ำเกลือในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน (RPN = 75)

เมื่อพิจารณาค่า Sev. ของสาเหตุของข้อบกพร่องที่ถูกเลือกกับสาเหตุที่ไม่ถูกเลือกพบว่า สาเหตุของข้อบกพร่องที่ถูกคัดเลือกมีค่า Sev. สูงกว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่ไม่ถูกเลือก ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการพิจารณาความสำคัญของสาเหตุที่ไม่ถูกคัดเลือกเหล่านั้นอีกครั้ง เนื่องจากหากสาเหตุของข้อบกพร่องที่ถูกคัดเลือกมีค่า Sev. น้อยกว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่ไม่ถูกเลือก ต้องพิจารณาค่า Occ. และ Det. ตามลำดับ ดังนั้นสามารถสรุปสาเหตุของข้อบกพร่องที่ถูกคัดเลือกให้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้ดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 สรุปข้อบกพร่องและสาเหตุของข้อบกพร่องเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง

ปัญหา	สาเหตุของปัญหา	RPN
6.ผลการทดสอบด้วยเครื่อง SST คลาดเคลื่อน	6.1) เครื่อง SST ทำงานไม่ต่อเนื่อง	280
	6.2) เครื่องทำงานผิดปกติ	160
	6.3) สภาวะทดสอบไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	320
	6.4) วางชิ้นงานในเครื่อง SST ผิด	72
	6.5) สภาพแวดล้อมที่ตั้งเครื่อง SST ไม่ควบคุม	80
	6.6) เครื่อง SST เสียเป็นเวลานาน	160

ตารางที่ 3.15 สรุปข้อบกพร่องและสาเหตุของข้อบกพร่องเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง

ปัญหา	สาเหตุของปัญหา	RPN
1.แผ่นเกิดสนิมก่อนการทดสอบ	1.1) สภาวะแวดล้อมการเก็บแผ่นทดสอบไม่เหมาะสม	128
	1.3) การห่อเก็บชิ้นงานทดสอบไม่ดี	96
3.ความเข้มข้นของน้ำเกลือก่อนทดสอบไม่อยู่ในช่วง	3.1) เตรียมน้ำเกลือในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน	75
	3.2 พนักงานเตรียมสารเคมีไม่ตรงข้อกำหนด	120
4.ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่	4.1) สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน	84
	4.3) คุณหมุมิในการวัดค่า pH ไม่ได้มาตรฐาน	140
7 พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด	7.1) พนักงานกำหนดจุดวัดต่างกัน	84

จากตารางพบว่าสาเหตุของปัญหาบางส่วนได้ถูกปรับปรุงโดยการออกแบบการจัดการภายในห้องปฏิบัติการโดยใช้ข้อกำหนดของระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 บางข้อกำหนดเป็นแนวทาง และสาเหตุของปัญหาบางส่วนที่ยังไม่ได้ถูกปรับปรุงนั้นจะถูกดำเนินการปรับปรุงกระบวนการควบคุมปัญหาเหล่านี้ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การออกแบบระบบคุณภาพของการทดสอบ

จากการวิเคราะห์ปัญหาที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนของห้องปฏิบัติการทดสอบสีดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนใหญ่เกิดจากระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบยังไม่มีกระบวนการควบคุมและการจัดการภายในห้องปฏิบัติการยังไม่ได้มาตรฐาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการออกแบบและพัฒนาระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนเพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาห้องปฏิบัติการคือ ISO/IEC 17025 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ทำให้เกิดความเชื่อมั่นในผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการ โดยการออกแบบและปรับปรุงห้องปฏิบัติการทดสอบในงานวิจัยนี้ใช้ข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เป็นแนวทางในการจัดทำระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

4.1 ขอบเขตของการออกแบบและปรับปรุงคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ

ห้องปฏิบัติการทดสอบที่นำมาเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบในโรงงานผลิตสีแห่งหนึ่ง ในงานวิจัยนี้ขอใช้อ้างอิงถึงชื่อห้องปฏิบัติการแห่งนี้ว่า ห้องปฏิบัติการทดสอบ ABC ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมในการอ้างถึงในงานวิจัยนี้ โดยขั้นตอนการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทดสอบ ABC นี้มีขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่การติดต่อกับลูกค้าจนกระทั่งการออกใบรายงานผลการทดสอบ เมื่อนำแนวทางการจัดการห้องปฏิบัติการทดสอบ/สอบเทียบ ISO/IEC 17025 ฉบับปี ค.ศ. 2005 มาใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบจึงสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังตารางที่ 4.1

เนื่องจากในองค์กรได้พยายามจัดทำระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบทั่วทั้งองค์กรให้เป็นไปตามแนวทางของ ISO/IEC 17025 เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในวิธีการทดสอบและผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการ ดังนั้นระบบการจัดการและขั้นตอนการทำงานของห้องปฏิบัติการบางส่วนได้ถูกนำมาปรับปรุงตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ฉบับปี ค.ศ. 2005 ได้แล้ว และการดำเนินการในห้องปฏิบัติการบางส่วนยังไม่มีกระบวนการควบคุมคุณภาพของการทดสอบ นอกจากนี้ การพิจารณาขอบเขตการศึกษายังรวมถึงขั้นตอนที่มีผลกระทบต่อผลการทดสอบอีกด้วย เนื่องจากทางห้องปฏิบัติการต้องการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้บริการหรือลูกค้าดังนั้นขอบเขตของการออกแบบและพัฒนาความสามารถของห้องปฏิบัติการในงานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงและพัฒนาในส่วนที่ยังไม่ได้ดำเนินการจัดการให้เป็นมาตรฐานและส่วนที่มีผลกระทบต่อความถูกต้องแม่นยำของผลการทดสอบ ซึ่งขอบเขตที่นำมาศึกษาดังกล่าวแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนปฏิบัติงานและข้อกำหนด ISO/IEC 17025 : 2005

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ข้อกำหนด ISO/IEC 17025:2005 ที่เกี่ยวข้อง
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">การทบทวนคำขอกับลูกค้า</div>	4.4 การทบทวนคำขอ
วันที่การรับตัวอย่างทดสอบ	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">การชี้บ่งตัวอย่างทดสอบ</div>	5.8 การจัดการตัวอย่างทดสอบ
การจัดซื้อวัสดุดิบและสารเคมี วิธีทดสอบ สภาวะแวดล้อม เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบ พนักงานทดสอบ การประกันคุณภาพการทดสอบ	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">การทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน</div>	4.6 การจัดซื้อสินค้าและบริการ 5.4 วิธีทดสอบ 5.3 สถานที่และสภาวะแวดล้อม 5.5 เครื่องมือ 5.6 ความสอบกลับได้ของเครื่องมือวัด 5.2 บุคลากร 5.9 การประกันคุณภาพผลการทดสอบและสอบเทียบ
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">การรายงานผลการทดสอบ</div>	5.10 การรายงานผล

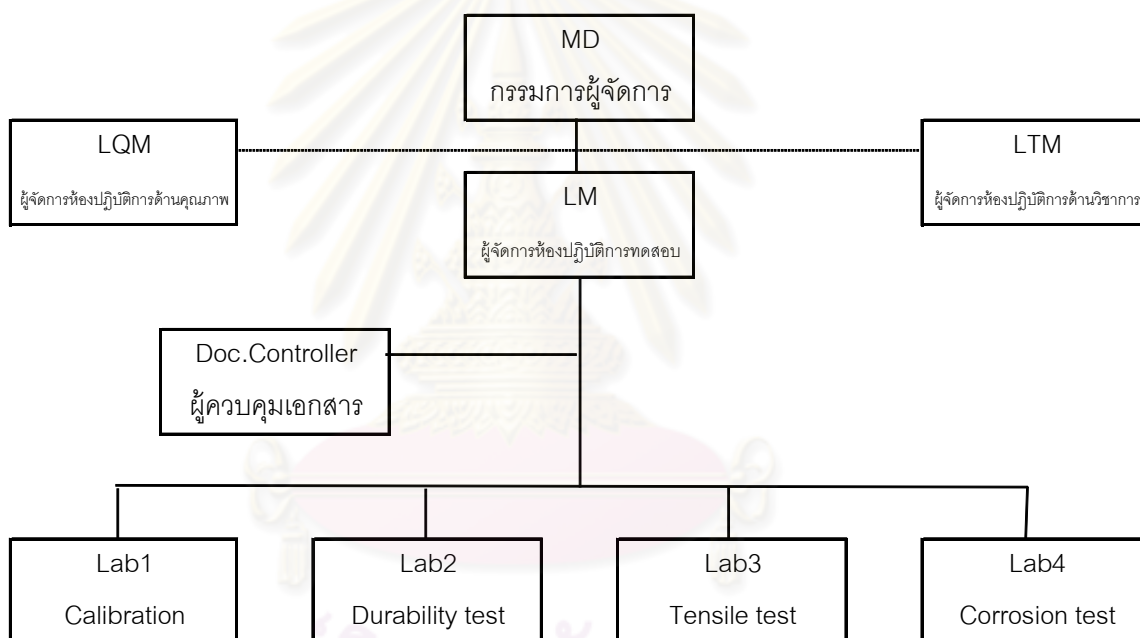
ตารางที่ 4.2 ขอบเขตของการออกแบบและปรับปรุงห้องปฏิบัติการทดสอบ

ข้อกำหนดตาม มาตรฐาน ISO/IEC 17025	หัวข้อและรายละเอียดตามข้อกำหนด	ระบบคุณภาพ ส่วนที่มีแล้ว	ส่วนที่ทำการ ออกแบบและ ปรับปรุงใน งานวิจัย
4.4	การทบทวนคำขอ	/	
4.5	การจ้างเหมาช่วงงานทดสอบและสอบเทียบ	-	
4.6	การจัดซื้อและการใช้บริการภายนอก		/
5.2	บุคลากร		/
5.3	สถานที่และภาวะแวดล้อม		/
5.4	วิธีทดสอบและการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี		/
5.5	เครื่องมือ	/	
5.6	ความสอบกลับได้ของการวัด		/
5.8	การจัดการตัวอย่างทดสอบและสอบเทียบ	/	
5.9	การประกันคุณภาพผลการทดสอบ		/
5.10	การรายงานผล	/	

4.2 ผังโครงสร้างองค์กร

ผังโครงสร้างองค์กรของห้องปฏิบัติการทดสอบ ABC จัดผังองค์กรแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผู้จัดการด้านคุณภาพ ผู้จัดการด้านวิชาการและผู้จัดการห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ผู้จัดการฝ่ายคุณภาพจะดูแลในส่วนของการบริหารคุณภาพของห้องปฏิบัติการ ส่วน

ผู้จัดการฝ่ายวิชาการจะมีหน้าที่ให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และผู้จัดการห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบมีหน้าที่รับผิดชอบในส่วนของวิธีการทดสอบ ผลการทดสอบและการรายงานผลการทดสอบ โดยผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบงานสอบเทียบของห้องปฏิบัติการสอบเทียบเป็นคนละส่วนกับผู้ดูแลรับผิดชอบงานทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อให้ผลการทดสอบเป็นอิสระต่อกัน โดยส่วนของห้องปฏิบัติการทดสอบในส่วนนี้จะแยกออกเป็นอิสระจากหน่วยงานและห้องปฏิบัติการทดสอบทดสอบอื่นๆ เพื่อให้ข้อมูลและผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการนี้มีความน่าเชื่อถือและได้รับความไว้วางใจจากลูกค้าภายนอก ซึ่งการจัดผังองค์กรในลักษณะนี้สอดคล้องกับข้อกำหนดของระบบ ISO/IEC 17025

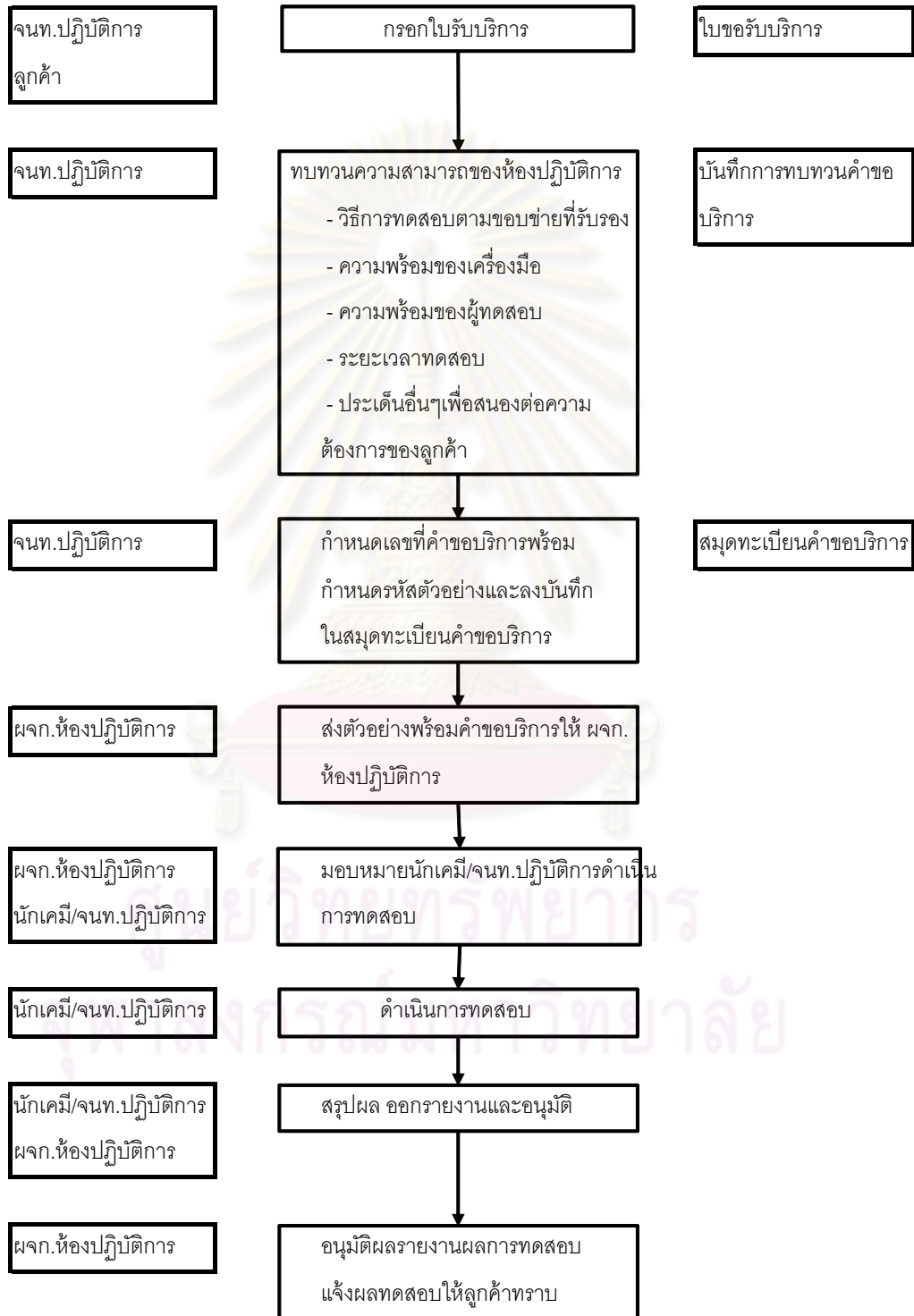


รูปที่ 4.1 แผนผังโครงสร้างองค์กร

4.3 การทบทวนคำขอ ข้อเสนอการประมูล และข้อสัญญา

ห้องปฏิบัติการทดสอบ ได้จัดทำขั้นตอนการทบทวนคำขอรับบริการและข้อสัญญาที่ตกลงไว้กับลูกค้าเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า ห้องปฏิบัติการมีขีดความสามารถและทรัพยากรต่างๆรวมถึงวิธีการทดสอบตรงกับความต้องการและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ โดยห้องปฏิบัติการได้จัดทำระเบียบการปฏิบัติการการทบทวนคำขอ ส่วนบันทึกต่างๆที่เกี่ยวข้องจะถูกจัดเก็บไว้เพื่อทำการทบทวนเป็นระยะ ซึ่งในกระบวนการทบทวนคำขอนี้ทางห้องปฏิบัติการ

ทดสอบนี้ได้จัดทำไว้เรียบร้อยแล้ว ในงานวิจัยนี้จึงไม่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ เพียงแต่แสดงใน ส่วนเอกสารไว้ ดังนี้



รูปที่ 4.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการรับตัวอย่างทดสอบจนกระทั่งการออกใบรายงานผลการทดสอบ

เลขที่

บริษัท ABC Company Limited

เรื่อง ขอรับบริการทดสอบ อื่น ๆ ระบุ.....

เรียน ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ

ข้าพเจ้าชื่อ.....นามสกุล.....

หรือผู้อื่นที่สามารถติดต่อได้ ชื่อ.....นามสกุล.....

ผู้แทนของบริษัท/ฝ่าย.....

โทรศัพท์.....โทรสาร..... มีความประสงค์ที่จะนำตัวอย่างเพื่อรับบริการในรายการดังนี้

ลำดับ	ชื่อตัวอย่าง	ลักษณะตัวอย่าง		จำนวน	รายละเอียดการขอรับบริการ
		ชิ้นงาน	wet paint		

- ตัวอย่างที่นำมาขอรับบริการ ขอรับคืน ไม่ขอรับคืน จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการให้แก่ข้าพเจ้าด้วย

- ต้องการรายงานผลเป็น ภาษา ไทย อังกฤษ ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่...../...../.....

<p>ส่วนของห้องปฏิบัติการ</p> <p><input type="checkbox"/> สามารถที่จะดำเนินการได้ตามที่ร้องขอ คาดว่าจะทดสอบเสร็จภายในวันที่.....</p> <p><input type="checkbox"/> ไม่สามารถที่จะดำเนินการได้ตามที่ร้องขอ เนื่องจาก.....</p>	<p>ข้าพเจ้า.....นามสกุล.....</p> <p>เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ได้รับตัวอย่างและทบทวนรายละเอียด ในการขอรับบริการตามรายการข้างต้นแล้ว</p> <p>ลงชื่อ.....</p> <p>วันที่...../...../.....</p>
--	---

ส่วนของผู้ขอรับบริการ (รับใบรายงานผล)

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าได้รับใบรายงานผลและตัวอย่างที่ส่งมาขอรับบริการอยู่ในสภาพเรียบร้อย ก่อนนำกลับ

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่รับกลับ...../...../.....

ต้นฉบับ : ห้องปฏิบัติการ

สำเนา : ผู้ขอรับบริการ

REV. 0

รูปที่ 4.3 แบบฟอร์มใบคำขอบริการ

4.4 การจัดซื้อสินค้า สารเคมีและวัสดุสิ้นเปลือง

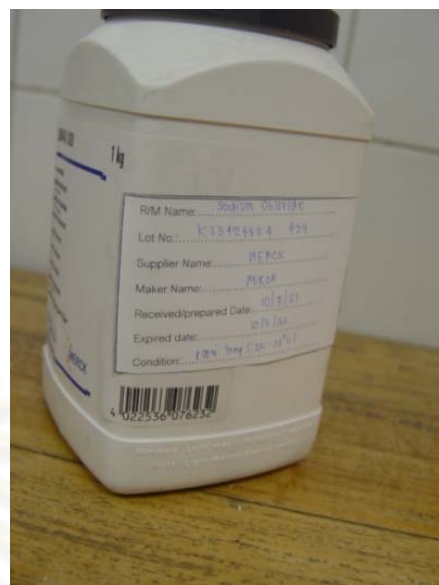
สำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบ ABC สิ่งที่มีผลกระทบต่อคุณภาพการทดสอบส่วนใหญ่เป็นสารเคมีที่ใช้ทดสอบ ซึ่งได้แก่ เกลือ (โซเดียมคลอไรด์) สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งส่วนประกอบของสารเคมีเหล่านี้ ในมาตรฐาน ได้ระบุส่วนประกอบไว้อย่างละเอียด ดังนั้นในขั้นตอนการจัดซื้อจึงต้องตรวจสอบส่วนประกอบของสารเคมีที่สั่งซื้อต้องอยู่ภายใต้เกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้ เนื่องจากปัจจุบันการจัดซื้อสารเคมีเหล่านี้ยังไม่มีกระบวนการควบคุมให้เป็นไปตามระเบียบการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการ แต่ใช้ระเบียบการปฏิบัติงานการจัดซื้อสารเคมีทั่วไปที่ใช้เกณฑ์ด้านราคาและผู้ส่งมอบเป็นหลัก ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงเกณฑ์การจัดซื้อ การเลือกผู้ส่งมอบและการจัดเก็บ ให้สอดคล้องกับระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025

กระบวนการจัดซื้อสินค้า สารเคมีและวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบที่มีผลกระทบต่อคุณภาพการทดสอบถูกจัดทำเป็นระเบียบในการปฏิบัติงาน โดยหากทำการจัดซื้อสินค้า สารเคมีและวัสดุสิ้นเปลืองมาแล้วจะไม่สามารถนำไปใช้ได้จนกว่าจะทำการทวนสอบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้และจัดทำบัญชีรายชื่อสินค้ารวมทั้งชื่อผู้ส่งมอบเป็นบันทึกเก็บไว้

เมื่อได้รับสินค้า สารเคมีและวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆแล้วต้องทำการชั่งชั่งและลักษณะของสินค้าและสารเคมีโดยเฉพาะสารเคมี โดยต้องมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ชื่อสินค้าและสารเคมี
- 2) ชื่อบริษัทผู้ผลิต
- 3) ชื่อบริษัทผู้ส่งมอบ
- 4) วันที่รับเข้า/วันที่จัดเตรียม
- 5) วันที่หมดอายุ
- 6) หมายเหตุ

R/M name:
Lot No. :
Supplier name:
Maker name :
Receive/Prepare date:
Expire date :
Condition :



รูปที่ 4.4 ป้ายบอกสถานะของวัตถุดิบและสารเคมี

หลังจากได้รับสินค้าจากฝ่ายจัดซื้อเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการควบคุมและจัดเก็บสินค้าตามสภาวะแวดล้อมที่กำหนดไว้หรือตามชั้นในสารเคมีที่ติดป้ายแสดงไว้ โดยติดป้ายแสดงสถานะไว้ในภาชนะที่บรรจุสารเคมีเพื่อบ่งชี้ชื่อและรายละเอียดต่างๆ ได้ชัดเจน

วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานจัดซื้อได้ถูกจัดทำเป็นเอกสารระเบียบปฏิบัติงาน และฝ่ายจัดซื้อต้องทำการประเมินผู้ส่งมอบสินค้าสารเคมีและวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ ทั้งในด้านคุณภาพ ราคา และการส่งของตรงเวลา ตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเอกสาร ระเบียบปฏิบัติงาน		เอกสารหมายเลข P003	
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่ 0 ชุด A	หน้า
		วันที่ 04/03/52	
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	การจัดซื้อสินค้าและบริการ
			1/3
แผนผังการดำเนินงาน			
ผู้รับผิดชอบ		กิจกรรม เอกสาร และ บุคคลที่เกี่ยวข้อง	
ก. กรณีการจัดซื้อและขอใช้บริการ			
1 นักเคมี	ให้กรอกใบ PR ระบุรายละเอียด หรือข้อกำหนด (Description & Specification) ของสินค้าหรือบริการอย่างละเอียด ชัดเจน รวมถึงตัวเลือกผู้ขาย / ผู้ให้บริการ จากทะเบียนผู้ขายและผู้ให้บริการที่ได้รับการยอมรับ ผู้จัดการห้องปฏิบัติการทบทวนเนื้อหาสาระทางด้านวิชาการ แล้วส่งผู้จัดการด้านวิชาการอนุมัติ แล้วจึงส่งเจ้าหน้าที่จัดซื้อ	PR Form	ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ ทะเบียนผู้ขายและผู้จัดการด้านวิชาการ ผู้ให้บริการ
2 เจ้าหน้าที่จัดซื้อ	ดำเนินการติดต่อผู้ขาย หรือผู้ให้บริการ เพื่อเปรียบเทียบ ในด้านราคา ระยะเวลาการส่งมอบ ลงรายละเอียดใน PR แล้วสรุปหน่วยงานที่ได้รับเลือก พร้อมระบุเหตุผลเสนอให้ผู้บริหารสูงสุดงานจัดซื้อ	PR Form	ผู้บริหารสูงสุดงานจัดซื้อ
3 ผู้บริหารสูงสุดจัดซื้อ	พิจารณารายละเอียดที่ได้รับ ลงนามใน PR ดำเนินการอนุมัติตามข้อกำหนดงบประมาณค่าใช้จ่าย แล้วส่งเรื่องท่อนุมัติแล้วให้เจ้าหน้าที่จัดซื้อ	PR Form	เจ้าหน้าที่จัดซื้อ
4 เจ้าหน้าที่จัดซื้อ	ดำเนินการออก Purchase order : PO ตามรายละเอียดในPRที่ได้รับอนุมัติ ส่ง PO ลงนามอนุมัติตามข้อกำหนดงบประมาณค่าใช้จ่าย	PO Form	
5 เจ้าหน้าที่จัดซื้อ	ส่ง PO ที่ได้รับการลงนามไปให้ผู้ขายหรือผู้ให้บริการ ติดตามผลการสั่งซื้อสินค้าหรือการให้บริการให้ทัน ในเวลาที่กำหนด	PO Form	ผู้ส่งมอบ

ชื่อเอกสาร ระเบียบปฏิบัติงาน		เอกสารหมายเลข P003	
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่ 0 ชุด A	หน้า
		วันที่ 04/03/52	
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด การจัดซื้อสินค้าและบริการ	2/3
แผนผังการดำเนินงาน			
ผู้รับผิดชอบ		กิจกรรม เอกสาร และ บุคคลที่เกี่ยวข้อง	
ข. การตรวจรับสินค้าและบริการ			
1 เจ้าหน้าที่จัดซื้อ	เมื่อได้รับสินค้า หรือบริการแล้วตรวจสอบให้ตรงกับ PO ส่งเอกสารให้ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ พร้อมสินค้าหรือบริการ	PO Form	ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ
2 ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ	ดำเนินการตรวจสอบสินค้า หรือบริการ กรณีเป็นเครื่องมือ ให้ปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติงานการควบคุมการใช้ การสอบเทียบและบำรุงรักษาเครื่องมือและมาตรฐานอ้างอิง กรณีเป็นการรับบริการสอบเทียบ จะทำการ ทวนสอบใบรายงานผลการสอบเทียบกับเกณฑ์การยอมรับ (Specification) ของห้องปฏิบัติการ	Specification ใบรายงานผลการสอบเทียบ	จนท.ห้องปฏิบัติการ
3 ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ	กรณีที่ตรวจสอบแล้วถูกต้อง ลงนามรับสินค้า และบริการ นั้นในใบส่งสินค้า หรือบริการคืนเอกสารให้เจ้าหน้าที่จัดซื้อ เพื่อดำเนินการด้านการบัญชี ลงรายละเอียดในประวัติ เครื่องมือ	ใบส่งสินค้า ประวัติเครื่องมือ	เจ้าหน้าที่จัดซื้อ
4 ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ	กรณีที่ตรวจสอบแล้วไม่ถูกต้องให้ดำเนินการตามระเบียบ ปฏิบัติงานการควบคุมการใช้ การสอบเทียบและบำรุงรักษา เครื่องมือและมาตรฐานอ้างอิง และคืนเอกสาร ให้เจ้าหน้าที่จัดซื้อเพื่อติดต่อผู้ขายดำเนินการใหม่ และอาจ ต้องดำเนินการตามระเบียบปฏิบัติงานควบคุมงานทดสอบ ที่บกพร่อง	TLA-P015 TLA-P006	เจ้าหน้าที่จัดซื้อ

ชื่อเอกสาร ระเบียบปฏิบัติงาน		เอกสารหมายเลข P003	
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่ 0 ชุด A	หน้า
		วันที่ 04/03/52	
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด การจัดซื้อสินค้าและบริการ	3/3
แผนผังการดำเนินงาน			
ผู้รับผิดชอบ		กิจกรรม เอกสาร และ บุคคลที่เกี่ยวข้อง	
ค. การขึ้นทะเบียนผู้ขายและผู้ให้บริการที่ได้รับการยอมรับ (Approved Vendor List : AVL)			
1 นักเคมี / ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ	ในเดือนธันวาคมของทุกปี ทำการประเมินผู้ขาย และผู้ให้บริการในรอบปีที่ผ่านมาเพื่อทบทวนทะเบียนผู้ขายและผู้ให้บริการที่ได้รับการยอมรับสำหรับปีต่อไป โดยใช้เกณฑ์การประเมินตามแบบฟอร์มใบประเมินผู้ขายและผู้ให้บริการ (F006)	F007 F006	ผู้ขาย
ง. การคัดเลือกผู้ขาย และ ผู้ให้บริการรายใหม่			
1 นักเคมี / ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ	กรณีที่ต้องการผู้ขายสินค้า และผู้ให้บริการรายใหม่เพิ่ม ให้คัดเลือกจากผู้ขายรายใหม่โดยมีเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาดังนี้ - เป็นหน่วยงานที่ได้รับการรับรองคุณภาพ - กรณีบริการสอบเทียบควรเป็นหน่วยงานที่ได้รับการรับรองจาก สมอ. ในขอบข่าย - กรณีที่ไม่ได้รับการรับรองระบบใดๆอาจได้รับพิจารณาเป็นพิเศษ จากกรทบทวนจากที่ประชุมทบทวนการจัดการ และทำการขึ้นทะเบียนต่อไป	F007	ที่ประชุมทบทวนการจัดการ

แบบฟอร์มประเมินผู้ขายและผู้ให้บริการ

(Suppliers of supplies and services evaluation form)

ผลิตภัณฑ์/การบริการ(Product/Services)	บริษัท/องค์กร(Company)	ประจำปี(Year)

Evaluation subject	Criteria	Score	
1 Quality	For supplier of supplies		
	- certified to acceptable quality system such as ISO 9000,TIS etc.	70	
	- not certified to any quality system	60	
	For supplier of services (Laboratory calibration)		
	- accredited by organization accepted by TISI	70	
	- not accredited	60	
2 Delivery Time	- on time (All)	10	
	- late delivery from time to time	5	
	- frequent late delivery	0	
3 After sales services	- good responsibility and services	10	
	- moderate responsibility and services	5	
	- irresponsibility and poor services	0	
4 Miscellaneous	- no nonconforming work occurred	10	
	- some nonconforming work occurred from times to times	5	
	- nonconforming work occurred frequently	0	
	Total	100	

Criteria for evaluation At least score of 85 is required to be accepted and maintained in AVL

Summary of evaluation

Total Score _____ Status - maintained in the AVL
 - deleted from the AVL

Evaluated by.....

()

Chemist

Approved by.....

()

Lab Manager

4.5 บุคลากร

พนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบที่มีหน้าที่ทดสอบต้องได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับวิธีทดสอบ การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสามารถแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดได้ โดยพนักงานที่ทำหน้าที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

- 1) การอบรม ต้องผ่านการฝึกอบรมการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบ และผ่านการประเมินความรู้จากการฝึกอบรม
- 2) มีความรู้ความเข้าใจในเกี่ยวกับขั้นตอนการทดสอบในส่วนของทฤษฎีและสามารถอธิบายได้
- 3) สามารถปฏิบัติงานการทดสอบให้ดูได้อย่างถูกต้อง โดยทำงานด้วยความรอบคอบ มีระเบียบ

ทั้งนี้ทางห้องปฏิบัติการจัดทำระเบียบปฏิบัติการด้านการดำเนินการฝึกอบรมบุคลากรจัดทำแผนการฝึกอบรมรวมทั้งได้ทำการประเมินประสิทธิผลของการฝึกอบรม

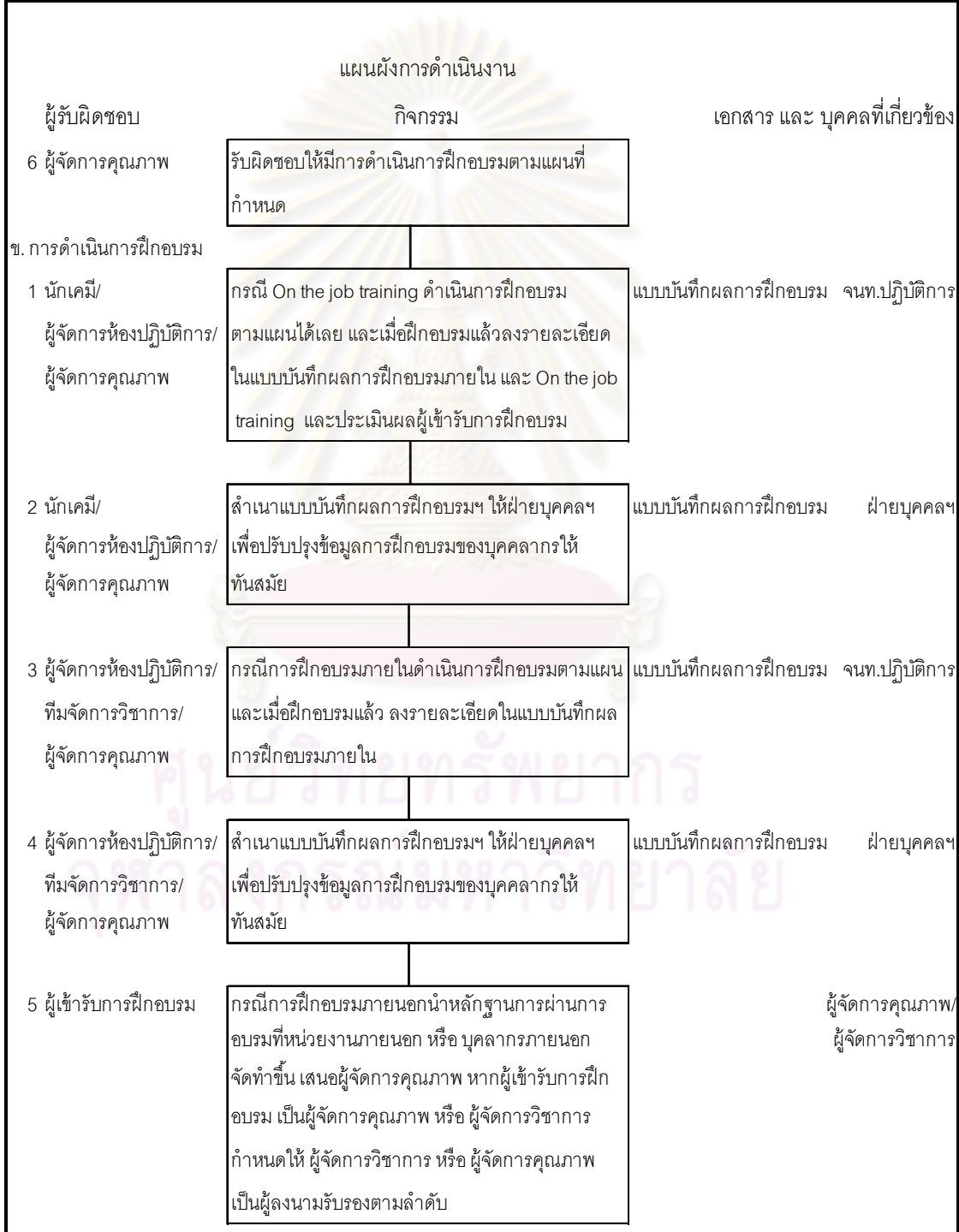
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเอกสาร ระเบียบปฏิบัติงาน		เอกสารหมายเลข P012		
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่ 0 ชุด A	หน้า	
		วันที่ 04/03/52		
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	การดำเนินการเกี่ยวกับบุคลากร	
			1/4	
<p><u>1.วัตถุประสงค์</u></p> <p>1.1. เพื่อให้มั่นใจว่าบุคลากรได้รับการฝึกอบรม และมีความสามารถเหมาะสมตามงานที่ได้รับมอบหมาย</p> <p><u>2.ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO / IEC 17025</u> 4.8 บุคลากร</p> <p><u>3.ขอบข่าย</u></p> <p>3.1. ใช้สำหรับบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับระบบคุณภาพ และวิชาการของห้องปฏิบัติการ</p> <p><u>4. คำจำกัดความ</u></p> <p>4.1. On the job training หมายถึง การฝึกอบรมบุคลากรโดยการให้ความรู้ และให้พนักงานได้ฝึก ปฏิบัติจริง ภายใต้การควบคุมดูแล โดยผู้ให้การฝึกอบรม</p> <p>4.2 การฝึกอบรมภายใน หมายถึง การฝึกอบรมโดยผู้ฝึกอบรมที่เป็นบุคลากรของบริษัทเอง</p> <p>4.3 การฝึกอบรมภายนอก หมายถึง การฝึกอบรมโดยผู้ฝึกอบรมที่เป็นบุคลากรภายนอกบริษัท</p> <p><u>5.เอกสารอ้างอิง</u></p> <p>5.1. คู่มือคุณภาพ บทที่ 16 หมวด บุคลากร</p> <p>5.2. แบบกำหนดหน้าที่ (PA-F001 : Job Description)</p> <p>5.3. หลักสูตรพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับบุคลากร</p> <p>5.4. แบบสำรวจความต้องการฝึกอบรม(TLA-F038)</p> <p>5.5. แบบบันทึกผลการฝึกอบรมภายใน และ On the job training(TLA-F039)</p> <p>5.6. แบบฟอร์มขออนุมัติการฝึกอบรมภายนอก(TLA-F040)</p> <p>5.7. รายงานการฝึกอบรมภายนอก</p> <p>5.8. ประวัติการฝึกอบรมของบุคลากร(TLA-F041)</p> <p>5.9. แผนการฝึกอบรม(TLA-F042)</p> <p>5.10. บันทึกการมอบหมายการปฏิบัติงาน</p>				

ชื่อเอกสาร ระเบียบปฏิบัติงาน		เอกสารหมายเลข	P012
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	04/03/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	การดำเนินการเกี่ยวกับบุคลากร
			หน้า
			2/4



ชื่อเอกสาร ระเบียบปฏิบัติงาน		เอกสารหมายเลข	P012
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	04/03/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	การดำเนินการเกี่ยวกับบุคลากร
			หน้า
			3/4



ชื่อเอกสาร ระเบียบปฏิบัติงาน		เอกสารหมายเลข P012	
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่ 0 ชุด A	หน้า
		วันที่ 04/03/52	
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	การดำเนินการเกี่ยวกับบุคลากร
		4/4	

แผนผังการดำเนินงาน			
ผู้รับผิดชอบ	กิจกรรม	เอกสาร และ บุคคลที่เกี่ยวข้อง	
6 ผู้จัดการคุณภาพ	รับผิดชอบในการจัดเก็บเอกสารต่าง ๆ บันทึกประวัติ ลงในประวัติการฝึกอบรมบุคลากร และมั่นใจว่าได้ คงไว้ให้ทันสมัย	ประวัติการฝึกอบรม	
7 ผู้จัดการวิชาการ	จัดทำบันทึกมอบหมายการปฏิบัติงาน หรือ การใช้ เครื่องมือในการสอบเทียบพร้อมทั้งระบุวันที่ที่ มอบหมายและให้ผู้ได้รับมอบหมายรับทราบและเสนอ ผู้จัดการคุณภาพเก็บรวบรวมไว้	ผู้จัดการคุณภาพ	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

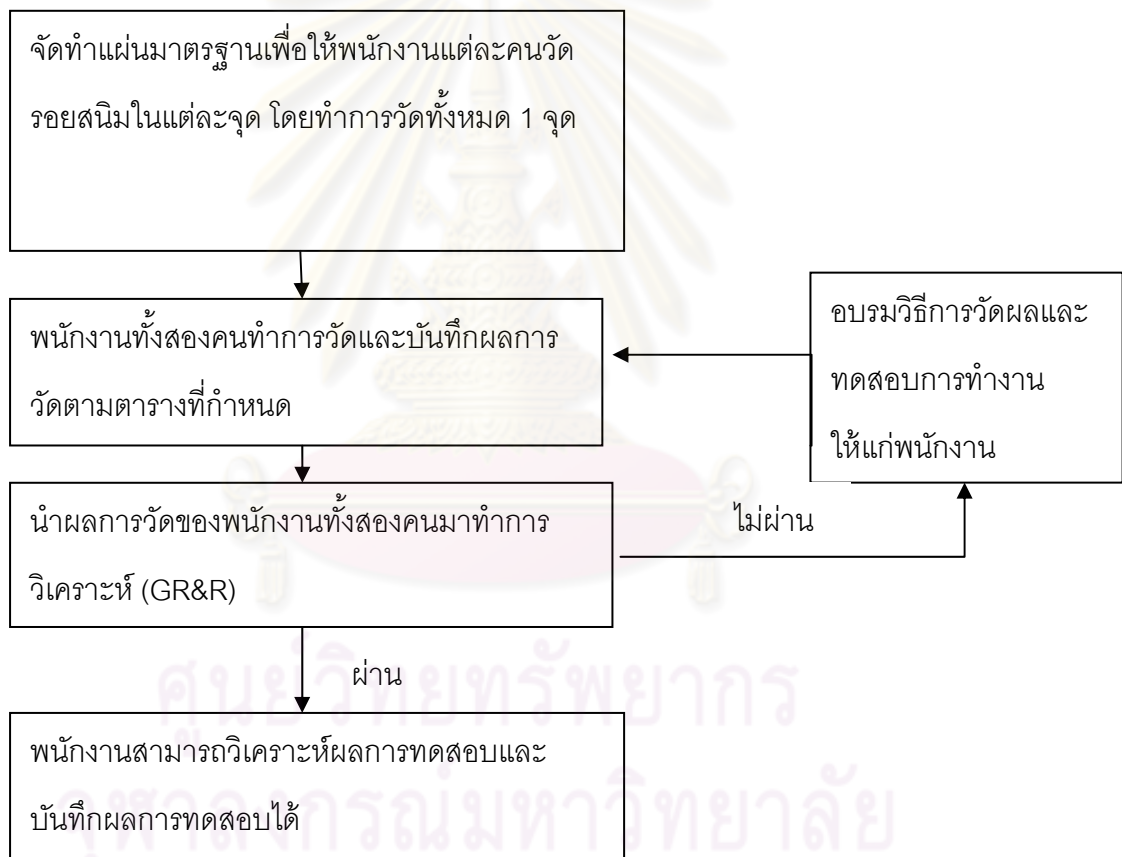
แบบประเมินผลการฝึกอบรมพนักงานห้องปฏิบัติการ			
ชื่อผู้เข้าอบรม.....		วันที่อบรม.....	
หลักสูตร.....			
วิทยาการ.....		ผู้ประเมิน.....	
(ผู้จัดการห้องปฏิบัติการ)			
หัวข้อการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้รับ	ข้อคิดเห็น
1. มีความรู้ความเข้าใจในมาตรฐานการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน	10		
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทดสอบและการใช้เครื่องมือทดสอบ	10		
3. สามารถอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานได้	10		
4. สามารถปฏิบัติงานตามคำสั่งปฏิบัติงานครบตามขั้นตอนที่กำหนด	15		
5. บันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้อง	10		
6. สามารถแก้ปัญหาที่ไม่เป็นไปตามกำหนดได้	15		
7. สามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบได้ถูกต้องและแม่นยำ	15		
8. ออกใบรายงานผลการทดสอบได้อย่างถูกต้อง	15		
รวม	100		
สรุปคะแนนที่ได้รับ..... คะแนน คิดเป็น%			
<input type="checkbox"/> ผ่าน <input type="checkbox"/> ไม่ผ่าน			
ลงชื่อผู้อนุมัติ.....			
(.....)			
วันที่			
หมายเหตุ: เกณฑ์ในการประเมินอย่างน้อย 70% ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์การฝึกอบรม			

เนื่องด้วยในห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนมีพนักงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบด้านการดำเนินการทดสอบทั้งหมด 2 คน ดังนั้นจึงต้องทำการประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงานทั้งสองคนว่าการปฏิบัติงานของแต่ละคนไม่ทำให้ผลการทดสอบที่เกิดขึ้นเกิดความ

แตกต่างกัน โดยเครื่องมือทางสถิติที่นำมาใช้ในวัดความสามารถของพนักงานคือ เทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) โดยเลือกใช้ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดสอบเป็นขั้นตอนในการประเมินผลความสามารถของพนักงาน ซึ่งมีหลักการดังนี้

$$\sigma_x^2 = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_{\alpha\beta}^2 + \sigma^2$$

เนื่องจากขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดสอบเป็นขั้นตอนที่ใช้พนักงานในการวิเคราะห์เป็นหลัก จึงนำขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดสอบมาทำการประเมิน ซึ่งขั้นตอนในการวัดความสามารถของพนักงานมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 4.5 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดสอบความสามารถของระบบวัด

ABC Company Limited						
Gage Repeatability & Reproducibility (ANOVA) Salt Spray Test Result						
Product;		Gauge Name ;		Spec. Max ;		
Test Method		Gauge No.;		Spec. Min ;		
Parameter;		Part No.;		Study Variation ;		Sigma
Information ;						
		Total Part to be measured ;	pcs.			
		Total Operator Measure part ;	man			
		Each Operator repeat ;	times			
Measurement						
	Operator A			Operator B		
Part No	r # 1	r # 2	r # 3	r # 1	r # 2	r # 3
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
_____		_____		_____		
(Operator A)		(Operator B)		(Manager)		

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างแบบฟอร์มการบันทึกผลการวิเคราะห์กรณีทำการศึกษาระบบวัด

เมื่อพนักงานบันทึกผลการวัดครบทั้งหมด นำผลการวิเคราะห์นี้มาคำนวณเพื่อหาความสามารถของระบบวัด โดยใช้โปรแกรม Minitab เป็นเครื่องมือช่วยแปรผลเป็นข้อมูลทางสถิติ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ คือ GR&R-ANOVA ในการคำนวณ ซึ่งผลการคำนวณและการวิเคราะห์ผลของระบบวัดก่อนการปรับปรุงของพนักงานทั้งสองคนเป็นดังนี้

Gage R&R Study - ANOVA Method					
Two-Way ANOVA Table With Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	9.3360	1.03734	15.752	0.000
Operator	1	0.1162	0.11616	1.764	0.217
Part * Operator	9	0.5927	0.06585	168.853	0
Repeatability	40	0.0156	0.00039		
Total	59	10.0605			

Alpha to remove interaction term = 0.25

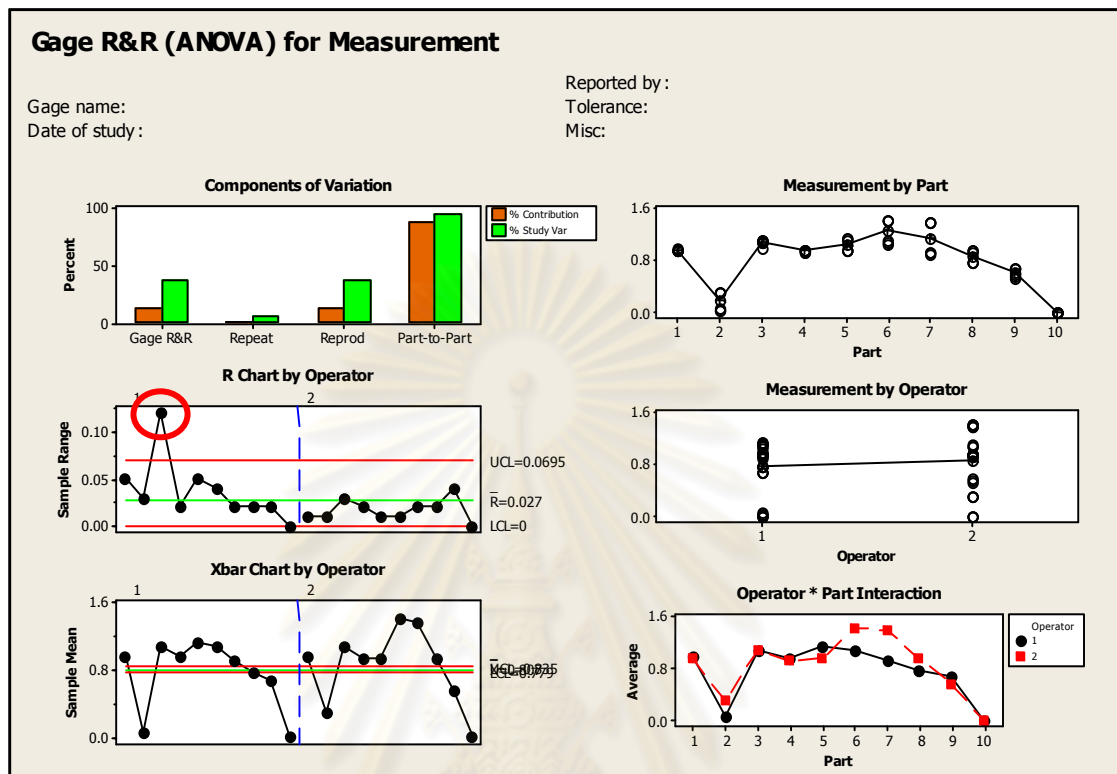
Gage R&R

%Contribution		
Source	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	0.023888	12.86
Repeatability	0.00039	0.21
Reproducibility	0.023498	12.65
Operator	0.001677	0.9
Operator*Part	0.021821	11.74
Part-To-Part	0.161914	87.14
Total Variation	0.185802	100

Study Var %Study Var			
Source	StdDev (SD)	(5.15* SD)	(%SV)
Total Gage R&R	0.154557	0.92734	35.86
Repeatability	0.019748	0.11849	4.58
Reproducibility	0.15329	0.91974	35.56
Operator	0.04095	0.2457	9.5
Operator*Part	0.147719	0.88631	34.27
Part-To-Part	0.402385	2.41431	93.35
Total Variation	0.431047	2.58628	100

Number of Distinct Categories = 3

รูปที่ 4.7 ผลการคำนวณทางสถิติของระบบวัดโดยใช้ GR&R - ANOVA จากโปรแกรม Minitab ก่อนปรับปรุง



รูปที่ 4.8 กราฟที่ได้จากการคำนวณ GR&R โดยใช้โปรแกรม Minitab ก่อนปรับปรุง

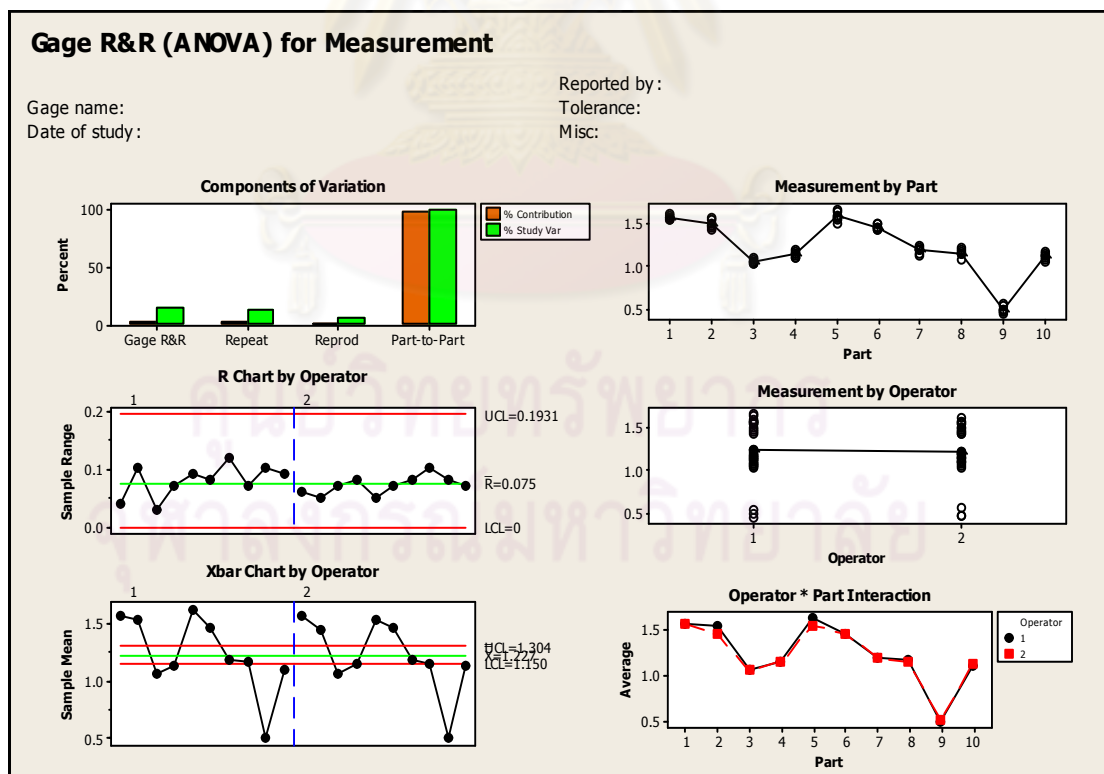
การวิเคราะห์ผลจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Minitab

จากกราฟที่ได้จากการคำนวณ พบว่า กราฟ R Chart มีจุดที่ออกนอกเส้นควบคุม 1 จุด แสดงว่าความแตกต่างของค่าที่วัดได้ในช่วงนั้นแตกต่างกันมาก และเมื่อวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของเส้นกราฟ พบว่า ความสามารถในการแยกความแตกต่างในการวัดแต่ละจุดไม่ดี ดังนั้นจึงต้องไปตรวจสอบค่า Number of Distinct Category (ndc) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3 โดยค่า ndc จะบอกถึงความสามารถในการแยกความแตกต่าง (Resolution) ของระบบวัดหรือความละเอียดของการวัดที่สามารถวิเคราะห์ได้ ความสามารถในการแยกความแตกต่างของพารามิเตอร์แต่ละตัวนั้นยิ่งแยกความแตกต่างได้มากหรือยิ่งวัดได้ละเอียดมากก็ยิ่งส่งผลให้เห็นความแตกต่างระหว่างพารามิเตอร์แต่ละตัวได้ดีขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปถือว่า ค่า ndc มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ขึ้นไป ระบบวัดนั้นมีความสามารถในการแยกความแตกต่างหรือความละเอียดของการวัดได้ดีและยอมรับได้ แต่จากผลการคำนวณนี้ ค่า ndc เท่ากับ 3 จึงถือว่าระบบการวัดนี้มีประสิทธิภาพที่ไม่ดี

สาเหตุที่ทำให้ค่า ndc ของการระบบวัดในครั้งนั้นไม่ดีนั้น ได้ทำการหาสาเหตุจากการใช้แผนภูมิแก๊งปลา และเทคนิค 5G สามารถสรุปสาเหตุที่สำคัญได้ดังนี้

1. พนักงานแต่ละคนมีท่าทางการวัดต่างกัน เช่น การวัดโดยยกแผ่นขึ้นมาวัดกับวัดโดยวางแผ่นทดสอบไว้บนโต๊ะ จะทำให้วิเคราะห์ผลต่างกัน
2. วิธีการใช้เครื่องมือวัดของพนักงานแต่ละคนต่างกัน
3. เครื่องมือวัดมีความคลาดเคลื่อน (Error)
4. แสงสว่างในการวัดผล

ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงและทำการอบรมพนักงานใหม่ ปรับเทียบเครื่องมือและจัดสถานที่ทำงานให้เหมาะสม โดยหลังจากทำการอบรมใหม่และพนักงานผ่านการวัดผลหลายข้อมูลแล้ว จึงทำการวิเคราะห์ความสามารถของการวัดใหม่ เป็นดังนี้



รูปที่ 4.9 กราฟที่ได้จากคำนวณ GR&R โดยใช้โปรแกรม Minitab หลังปรับปรุง

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	5.71	0.634445	243.861	0
Operator	1	0.0028	0.002802	1.077	0.326
Part * Operator	9	0.02341	0.002602	1.606	0.147
Repeatability	40	0.0648	0.00162		
Total	59	5.80102			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.001954	1.82
Repeatability	0.001620	1.51
Reproducibility	0.000334	0.31
Operator	0.000007	0.01
Operator*Part	0.000327	0.31
Part-To-Part	0.105307	98.18
Total Variation	0.107261	100.00

Source	Study Var StdDev (SD)	%Study Var (5.15 * SD) (%SV)
Total Gage R&R	0.044203	13.50
Repeatability	0.040249	12.29
Reproducibility	0.018273	5.58
Operator	0.002582	0.79
Operator*Part	0.018089	5.52
Part-To-Part	0.324511	99.09
Total Variation	0.327507	100.00

Number of Distinct Categories = 10

รูปที่ 4.10 ผลการคำนวณทางสถิติของระบบวัดโดยใช้ GR&R - ANOVA จากโปรแกรม Minitab หลังปรับปรุง

การวิเคราะห์ผลจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Minitab

จากกราฟ R Chart ไม่พบจุดที่ออกนอกเส้นควบคุมและลักษณะการกระจายของข้อมูลในกราฟมีความสม่ำเสมอ แสดงว่าระบบวัดสามารถแยกความแตกต่างและมีความสม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาค่า ndc ซึ่งเท่ากับ 10 พบว่ามีความสามารถแยกความแตกต่างของข้อมูลได้ดีและอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (ค่า ndc มากกว่า 5) และจากข้อมูล %SV หรือ Percent Standard Deviation พบว่า ค่าความผันแปรที่เกิดจากระบบการทดสอบ เท่ากับ 99.09% ส่วนค่าความผันแปรที่เกิดจากระบบวัดเท่ากับ 13.5% ซึ่งตามหลักการของ AIAG 2nd Edition ระบุว่าค่า %SV ที่เกิดจากความผันแปรจากระบบวัดอยู่ในช่วง 10-30% ถือว่ายอมรับได้ ดังนั้น ความสามารถของระบบวัดนี้ถือว่ายอมรับได้ และเมื่อพิจารณาค่า P-Value เท่ากับ 0.147 ซึ่งในการพิจารณาระบบวัดนี้พิจารณาที่ค่า α เท่ากับ 0.10 ดังนั้นระบบวัดนี้สามารถยอมรับได้

4.6 สถานที่และสภาวะแวดล้อม

ห้องปฏิบัติการทดสอบ ABC ได้ทำการปรับปรุงการควบคุมการเข้าออกและผู้มีสิทธิในการเข้าถึงเครื่องมือและบริเวณห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อให้มั่นใจว่าผลการทดสอบจะไม่คลาดเคลื่อน รวมทั้งควบคุมสภาวะการทดสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนด เดิมยังไม่มี การควบคุมสถานที่และเครื่องมือทดสอบ

นโยบาย

เพื่อให้มั่นใจว่ามีการควบคุมสถานที่และสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการทดสอบ รวมทั้งมีการรักษาความปลอดภัย และความสะอาดของห้องปฏิบัติการ

ข้อปฏิบัติในห้องปฏิบัติการทดสอบ

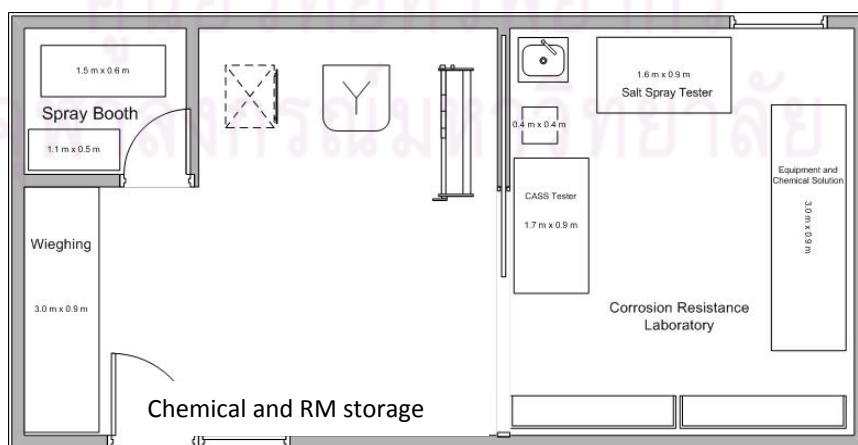
- 1) สำหรับบริเวณที่ต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อม กำหนดให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการทดสอบทำการเฝ้าระวัง ควบคุม และบันทึกสภาวะแวดล้อมเพื่อไม่ทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อน หรือมีผลกระทบต่อความแม่นยำ
- 2) กรณีพบว่าสภาวะแวดล้อมไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ให้นักเคมีในแต่ละกลุ่มพิจารณาถึงผลกระทบต่อ การทดสอบ หากพบว่ามีผลกระทบโดยตรงให้สั่งหยุดการทดสอบ ดำเนินการหาสาเหตุ

- 3) กำหนดให้มีการควบคุมการเข้าออกห้องปฏิบัติการ โดยบุคลากรที่ไม่ใช่เจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการจะเข้าออกได้เฉพาะกรณีที่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดการคุณภาพ
- 4) กำหนดให้มีการรักษาความสะอาดเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการทดสอบนี้ สภาวะแวดล้อมที่ทำการควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของห้องปฏิบัติการทดสอบซึ่งเป็นพื้นที่ที่ทดสอบโดยใช้เครื่อง SST และส่วนพื้นที่เก็บสารเคมี

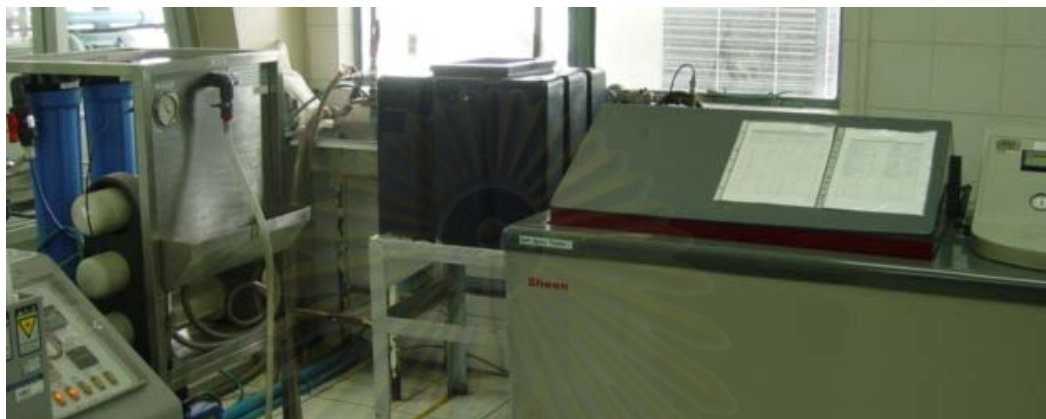
- 1) ส่วนของห้องปฏิบัติการทดสอบโดยใช้เครื่อง SST จะไม่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเนื่องจาก การควบคุมสภาวะการทดสอบของแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบจะถูกควบคุมอยู่ภายในเครื่อง SST ดังนั้นจึงกำหนดเพียงสถานที่ของเครื่อง SST เท่านั้น โดยเครื่อง SST จะถูกจัดให้อยู่ในห้องปฏิบัติการในส่วนที่ไม่ถูกทำลายด้วยสภาพอากาศภายนอก เช่น แดด ฝน เป็นต้นหรือถูกรบกวนจากการทดสอบอื่น ถึงแม้ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น แต่บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นกรณีเกิดความผิดปกติ
- 2) พื้นที่เก็บสารเคมี สารเคมีประเภทกรดและด่างต้องได้รับการควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 30°C ดังนั้นจึงต้องจัดหาพื้นที่เก็บสารเคมีที่เหมาะสมและควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม

ในส่วนของห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนนั้น ได้จัดวางผังห้องปฏิบัติการใหม่เพื่อแบ่งพื้นที่การทำงานและพื้นที่จัดเก็บสารเคมี เป็นดังนี้



รูปที่ 4.11 แผนผังห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

การจัดตั้งห้องปฏิบัติการได้กำหนดให้ห้องปฏิบัติการมีพื้นที่พอเพียงต่อการใช้งานอย่างเป็นสัดส่วน มีแสงสว่าง อุณหภูมิและความชื้น เหมาะสมต่อการปฏิบัติงานและสอดคล้องตามข้อกำหนดของการทดสอบ ตาม ระเบียบปฏิบัติงานการควบคุมสถานที่และสภาวะแวดล้อม



รูปที่ 4.12 ห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

4.7 วิธีทดสอบและการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี

สารเคมี เครื่องมือและวิธีการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนของห้องปฏิบัติการในงานวิจัยนี้กำหนดให้ทดสอบตามวิธีมาตรฐาน JIS K 5400 และ JIS Z 2371 ซึ่งเป็นวิธีการที่มีการตีพิมพ์ในมาตรฐานระหว่างประเทศหรือระดับชาติ แต่ขั้นตอนการทดสอบในปัจจุบันบางขั้นตอนยังไม่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงวิธีการทดสอบและการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ระหว่างการทดสอบตามที่มาตรฐานกำหนด โดยวิธีการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนมีรายละเอียดตามคู่มือปฏิบัติงาน ในมาตรฐานได้กำหนดสภาวะการทดสอบและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนั้นหากวิธีทดสอบเป็นไปตามวิธีมาตรฐานแล้วค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการดำเนินการทดสอบต้องเป็นไปตามสภาวะที่มาตรฐานกำหนด

สภาวะการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนโดยใช้เครื่อง SST

- | | |
|--|--------------|
| 1. ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (น้ำเกลือ) | 5 + 0.5% w/v |
| 2. อุณหภูมิใน chamber | 34-36°C |
| 3. อุณหภูมิของ Humidity Air | 46-48°C |
| 4. ความดันอากาศ | 0.96-1 bar |

5. ความหนาแน่นของน้ำเกลือ	1.022-1.036
6. ค่า pH ของน้ำเกลือ	6.5-7.2
7. ปริมาณน้ำเกลือที่วัดได้	1-2 ml/h/80 cm ²

กรณีค่าพารามิเตอร์ไม่เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดจะมีความหมายและส่งผลกระทบกับผลการทดสอบ ดังนี้

1) ความเข้มข้นของสารละลายน้ำเกลือ

กรณีความเข้มข้นน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด ความเข้มข้นของน้ำเกลือน้อยกว่ามาตรฐาน ซึ่งหมายความว่าปริมาณน้ำเกลือในสารละลายน้อยกว่าปกติส่งผลให้สนิมเกิดช้ากว่าปกติ เนื่องจากปริมาณเกลือที่ทำปฏิกิริยากับผิวโลหะมีน้อยลง

กรณีความเข้มข้นมากกว่ามาตรฐานกำหนด ความเข้มข้นของน้ำเกลือมากกว่ากำหนด หมายความว่าปริมาณเกลือที่อยู่ในสารละลายมากกว่ากำหนด ส่งผลให้สนิมเกิดเร็วและมีปริมาณมากกว่าปกติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำเกลือระหว่างห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและห้องปฏิบัติการลูกค้า พบว่ามีการควบคุมที่ช่วงเดียวกัน

2) อุณหภูมิใน Chamber

กรณีอุณหภูมิต่ำหรือสูงกว่าปกติ อาจส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดสนิมและผลกระทบค่อนข้างเล็กน้อย

เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิใน Chamber ระหว่างห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและห้องปฏิบัติการลูกค้า พบว่ามีการควบคุมที่ช่วงเดียวกัน

3) อุณหภูมิ Humidity Air

กรณีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ อาจไปทำให้เร่งสภาวะการเกิดสนิมให้เกิดเร็วขึ้น

กรณีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ อาจทำให้การเกิดสนิมช้ากว่าปกติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิ Humidity Air ระหว่างห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและห้องปฏิบัติการลูกค้า พบว่ามีการควบคุมที่ช่วงเดียวกัน

4) ความดันอากาศ เป็นพารามิเตอร์ที่ปรับความดันใน chamber ให้เหมือนความดันอากาศภายนอก ในขณะที่เดียวกันความดันอากาศสูงหรือต่ำจะส่งผลต่อปริมาณน้ำเกลือที่ถูกสเปรย์ออกมา หากปริมาณมากไปจะทำให้เกิดสนิมเร็วขึ้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบการปรับค่าความดันอากาศระหว่างห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและห้องปฏิบัติการลูกค้า พบว่ามีการควบคุมที่ช่วงเดียวกัน

5) ความหนาแน่นของน้ำเกลือ จะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำเกลือ ซึ่งห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและห้องปฏิบัติการลูกค้ามีการควบคุมที่ช่วงเดียวกัน

6) ค่า pH ของน้ำเกลือ

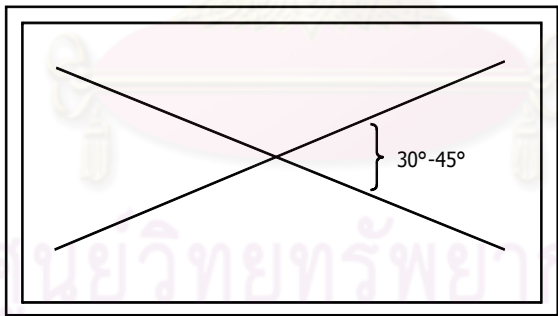
กรณีค่า pH สูงกว่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งทำให้สารละลายมีความเป็นด่างสูง การกัดกร่อนผิวเหล็กเพื่อทำให้เกิดสนิมไม่ดี ทำให้การเกิดสนิมบนผิวโลหะเกิดน้อยกว่าปกติ

กรณีค่า pH ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งทำให้สารละลายมีความเป็นกรดสูง การกัดกร่อนที่ผิวเหล็กมากกว่าปกติ ทำให้สนิมเกิดขึ้นมากกว่าปกติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบการควบคุมค่า pH ระหว่างห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและห้องปฏิบัติการลูกค้า พบว่ามีการควบคุมที่ช่วงเดียวกัน

7) ปริมาณน้ำเกลือใน collected Tank

ปริมาณน้ำเกลือที่เก็บได้หลังจากใช้งานเครื่องไปแล้วจะตรวจสอบทุกๆ 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณน้ำเกลือที่เก็บได้จะขึ้นกับปริมาณน้ำเกลือที่สเปรย์ตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นพารามิเตอร์นี้จะเป็นส่วนที่ตรวจสอบปริมาณน้ำเกลือที่สเปรย์ในเครื่องในแต่ละวัน ซึ่งห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาและห้องปฏิบัติการลูกค้ามีการควบคุมที่ช่วงเดียวกัน

ชื่อเอกสาร วิธีการทดสอบ		เอกสารหมายเลข TLA-T001	
บริษัท เพ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด		ทบทวนครั้งที่ 1 ชุด A	หน้า
		วันที่ 16/3/52	
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	2/4
		วิธีการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน	
<p>ขั้นตอนทดสอบ</p> <p>1. การเตรียมชิ้นงานทดสอบ</p> <p>1) นำแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบ ที่มีการเคลือบสีบนด้านที่ต้องการทดสอบเรียบร้อยแล้วมาปิดขอบของแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบด้วยเทปผ้า</p> <p>2) ในกรณีที่ทดสอบการลามของสนิมใช้คัตเตอร์ กรีดเป็นรูปกากบาทให้ลึกลงไปถึงแผ่นเหล็ก</p> <p>วิธีการเตรียมแผ่นทดสอบ</p> <p>1. กรณีทดสอบการลามของสนิม</p> <p>1) นำแผ่นทดสอบที่เคลือบสีด้านที่จะทดสอบแล้วมาปิดขอบกว้างด้านละ 5 มม. ด้วยเทปผ้า กรณีที่เป็นชิ้นงานทดสอบ ความกว้างของเทปผ้าที่ปิดขอบขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงาน</p> <p>2) ใช้คัตเตอร์กรีดบนแผ่นทดสอบเป็นรูปกากบาททำมุม 30° - 45° รอยกรีดยาวประมาณ 10 ซม. กรณีชิ้นงานทดสอบ ความยาวของรอยกรีดขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงาน รอยกรีดบนแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบต้องอยู่ตรงกลางคัตเตอร์ต้องทำมุม 35° - 45° กับพื้นผิวของฟิล์มสี โดยกรีดให้ลึกลงไปถึงผิวของชิ้นงาน</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>3) นำแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบวางใน chamber ทดสอบตามระยะเวลาที่กำหนดหรือตามที่ตกลงระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง</p> <p>4) เมื่อครบกำหนดนำแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบออก ล้างด้วยน้ำสะอาด ทิ้งให้แห้งและประเมินผล</p> <p>2. กรณีทดสอบการรวมของฟิล์ม</p> <p>1) นำแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบที่เคลือบสีด้านที่จะทดสอบแล้วมาปิดขอบด้วยเทปผ้าเพื่อป้องกันการเกิดสนิม</p> <p>2) ใช้ปากกาขีดเป็นกรอบสี่เหลี่ยมขนาด 50 มม. X 100 มม. หรือขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงานทดสอบโดยขีดกลางแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบ</p> <p>3) นำแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบวางใน chamber ทดสอบตามระยะเวลาที่กำหนดหรือตามที่ตกลง</p>			

ชื่อเอกสาร	วิธีการทดสอบ	เอกสารหมายเลข	TLA-T001
บริษัท เพ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด	ทบทวนครั้งที่	1	ชุด A
	วันที่	16/3/52	
หน้า			
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	วิธีการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน
3/4			
ระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง			
<p>4) เมื่อครบกำหนดนำแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบออกจากเครื่อง ล้างด้วยน้ำสะอาด ทิ้งให้แห้งและประเมินผล</p> <p>2. การเตรียมสารละลายเกลือเพื่อใช้ทดสอบ</p> <p>ละลายเกลือลงในน้ำและปรับความเข้มข้นของเกลือเท่ากับ $5\% \pm 0.5\% \text{w/v}$ วัดค่าความหนาแน่นโดยใช้ hydrometer ความหนาแน่นต้องอยู่ในช่วง 1.026 ถึง 1.032 ที่ 35°C ใช้ผ้ากรองกรองเกลือที่ไม่ละลายก่อนเทลงใน reservoir เก็บตัวอย่างน้ำเกลือมาประมาณ 100 ml ปรับค่า pH โดยการเติม hydrochloric acid (0.1 mol/l) หรือ sodium hydroxide solution (0.1 mol/l) เพื่อปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 6.5-7.0 เมื่อปรับค่า pH ได้แล้วให้เติม hydrochloric acid (0.1 mol/l) หรือ sodium hydroxide solution (0.1 mol/l) ในอัตราส่วนเดียวกันนี้ลงในสารละลายเกลือที่ถูกเก็บตัวอย่างมาทดสอบ</p> <p>3. วิธีการทดสอบ</p> <p>1) วางชิ้นงานลงใน salt spray chamber โดยใช้สภาวะทดสอบดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - อุณหภูมิใน chamber $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ - relative humidity ใน chamber 98-99% - temperature of humidifier $47 \pm 1^{\circ}\text{C}$ - ความเข้มข้นของน้ำเกลือ (35°C) $5\% \pm 0.5\% \text{w/v}$ - ความดันอากาศเพื่อทำให้ spray 0.96-1 bar - ปริมาณสารละลายเกลือใน collector 1.0-2.0 ml/h (per 80 cm²) - ค่า pH ของสารละลายเกลือ 6.5-7.2 ($33-35^{\circ}\text{C}$) - ความหนาแน่นของสารละลาย 1.022-1.036 (35°C) - ระดับน้ำเกลือใน reservoir ต้องมีระดับที่คงที่ - ระดับน้ำใน humidifier อยู่ระหว่างเส้นระดับน้ำที่กำหนด <p>วางชิ้นงานขนานกับทิศทางการสเปรย์สารละลายเกลือ โดยทำมุม $20 \pm 5^{\circ}$ ตามแนวตั้ง หันด้านที่ทดสอบขึ้นด้านบนเพื่อรับละอองน้ำเกลือ ต้องวางชิ้นงานแต่ละชิ้นห่างกันอย่างน้อย 85 มม.</p> <p>2) หลังจากวางแผ่นทดสอบใน chamber และทดสอบตามเวลาที่กำหนด ล้างแผ่นทดสอบด้วยน้ำและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชม. สังเกตฟิล์ม โดยพิจารณาพื้นผิวที่ห่างจากขอบ 10 มม.</p> <p>4. วิธีการประเมินผล</p> <p>1. กรณีทดสอบการลามของสนิม</p> <p>วัดการลามของสนิมจากรอยกัดจนถึงตำแหน่งที่สนิมลามออกมาเป็นหน่วยมิลลิเมตร โดยวัดข้างละ 5 จุด พร้อมทั้งทำเครื่องหมายตรงตำแหน่งที่วัด นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเทียบหา Rating Number จากตารางภาคผนวก</p>			

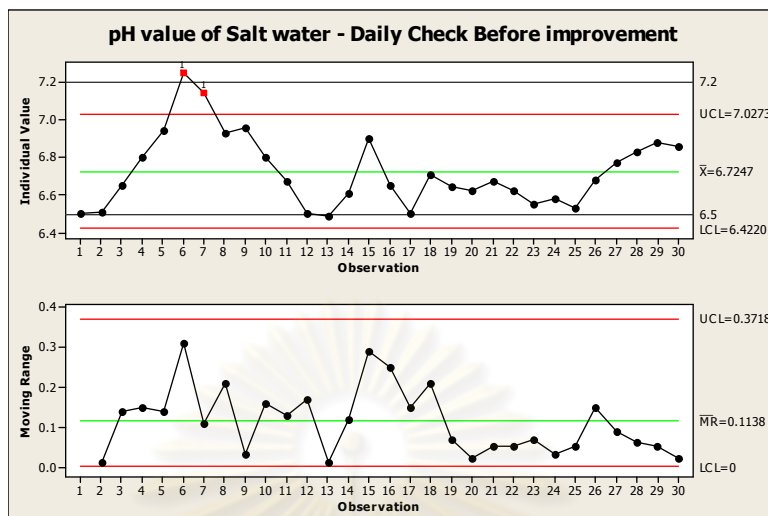
ชื่อเอกสาร		วิธีการทดสอบ		เอกสารหมายเลข		TLA-T001	
บริษัท เพ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด				ทบทวนครั้งที่		1 ชุด A	
				วันที่		16/3/52	
ทบทวนโดย		อนุมัติโดย		หมวด		วิธีการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน	
						หน้า	
						4/4	
<p>การรายงานผล</p> <p>รายงานข้อมูลดังต่อไปนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ขนาดของชิ้นงานทดสอบ 2) จำนวนชิ้นงานทดสอบ 3) การประเมินผล 4) วิธีประเมินผล 5) อัตราการเกิดสนิมหรือการรวมของฟิล์มบนชิ้นงานทดสอบ <p>การควบคุมคุณภาพการทดสอบ / เกณฑ์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ตรวจสอบสภาวะการทำงานของเครื่องประจำวัน ต้องเป็นไปตามค่าที่กำหนดดังนี้ <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Cabinet temperature ตามมาตรฐานที่ใช้กำหนดให้อยู่ระหว่าง 34-36°C 1.2. Air saturator temperature ตามมาตรฐานที่ใช้กำหนดให้มีค่า 46-48°C 1.3. Air pressure ตามมาตรฐานกำหนดให้อยู่ในช่วง 0.96-1 bar 1.4. Fallout เป็นการวัดปริมาตรของน้ำเกลือที่เก็บอยู่ใน collector โดยมาตรฐานกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.0-2.0 ml/h (per 80 cm²) 1.5. pH of fallout เป็นการวัดค่า pH ของน้ำเกลือที่เก็บอยู่ 6.5-7.2 (33-35°C) 1.6. Water conductivity เป็นการวัด conductivity ของน้ำ กำหนดค่าไว้ สำหรับการทดสอบนี้กำหนดให้ค่า cond ที่อุณหภูมิ 25°C ± 2 โดยใช้มาตรฐาน JIS Z 2371 1.7. Specific gravity เป็นการวัดความหนาแน่นของสารละลาย (35°C) <p>คุณสมบัติเจ้าหน้าที่ทดสอบ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ต้องผ่านการอบรมการใช้เครื่อง Salt spray และวิธีทดสอบที่เป็นมาตรฐาน 2. เป็นเจ้าหน้าที่ที่ได้รับอนุญาตให้เป็นผู้ดำเนินการทดสอบเครื่องนี้เท่านั้น 							

นอกจากนี้ ทางห้องปฏิบัติการทดสอบได้จัดทำบันทึกสภาวะการทำงานของเครื่องทดสอบ ความทนทานต่อการกัดกร่อน และการทดสอบทั้งหมดโดยทำการตรวจสอบประจำวัน เพื่อตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้

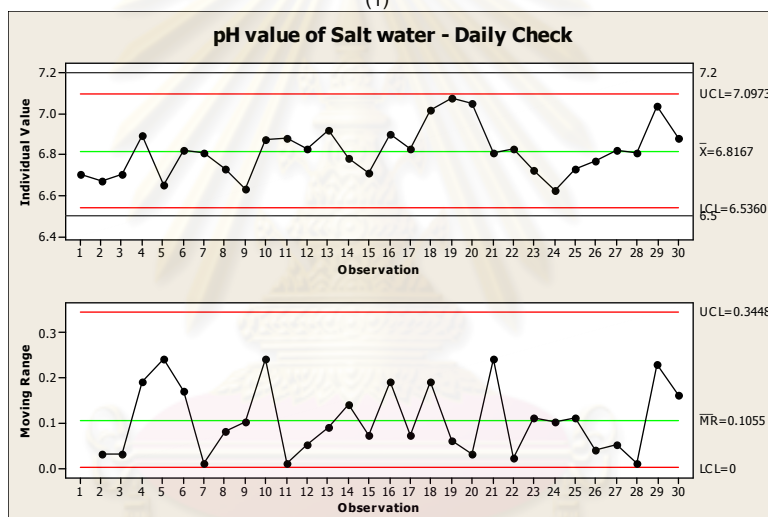
นอกจากการจดบันทึกประจำวันแล้ว งานวิจัยนี้ได้นำเอาแผนภูมิควบคุมมาทำการควบคุม พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน ทำให้สามารถควบคุมค่าพารามิเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งทำให้สามารถตรวจดูแนวโน้มของพารามิเตอร์และทำการปรับตั้งค่าเพื่อไม่ให้ค่าพารามิเตอร์นั้นออกนอกสเปกที่กำหนดได้ โดยพารามิเตอร์ที่ทำการควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม ได้แก่

- 1) ค่า pH ของน้ำ collected Water
- 2) ปริมาณน้ำที่เก็บใน collector เพื่อตรวจเช็คความสม่ำเสมอของการทำงานของเครื่อง SST

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



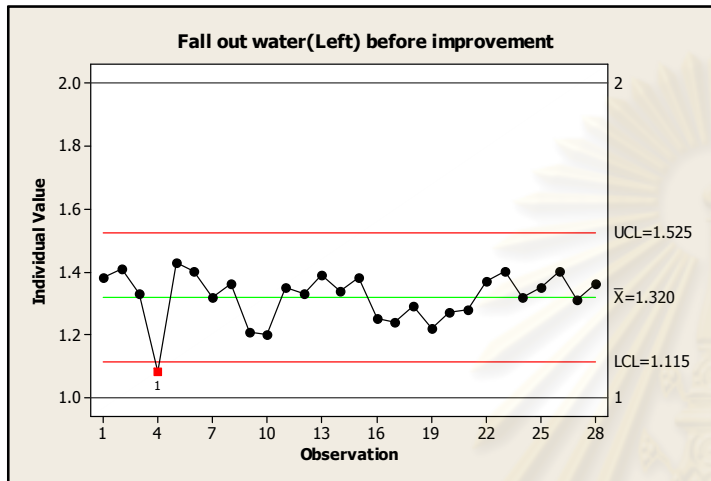
(1)



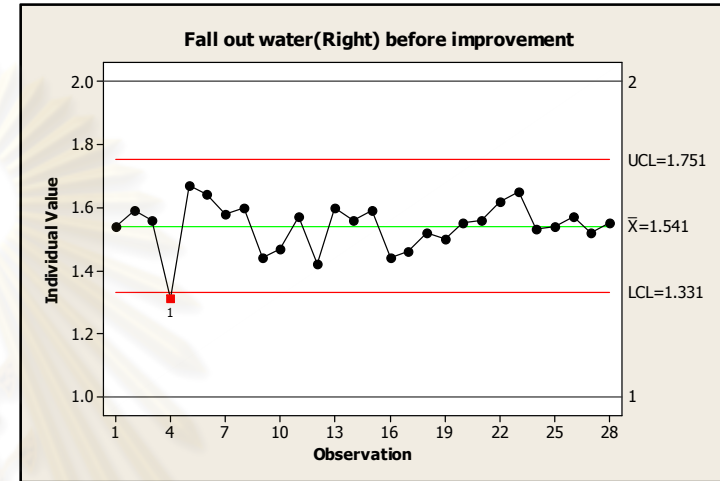
(2)

รูปที่ 4.13 แสดงกราฟ X-MR Chart ของค่า pH ใน collected water (1) ข้อมูลเดือน พฤศจิกายน 2551 (2) ข้อมูลเดือน มิถุนายน 2552

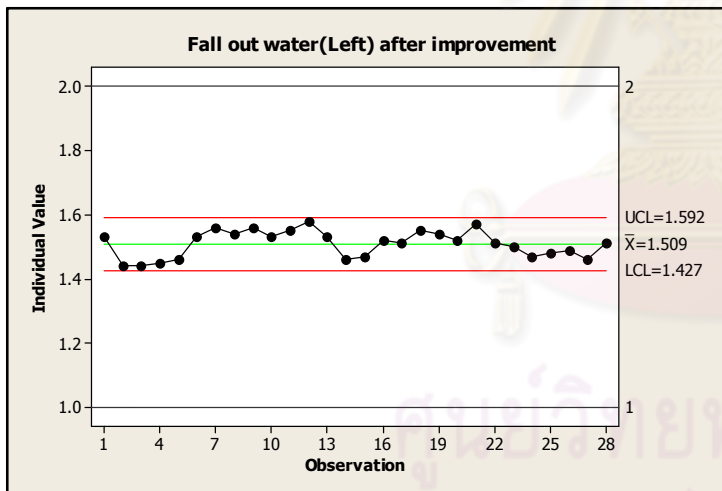
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



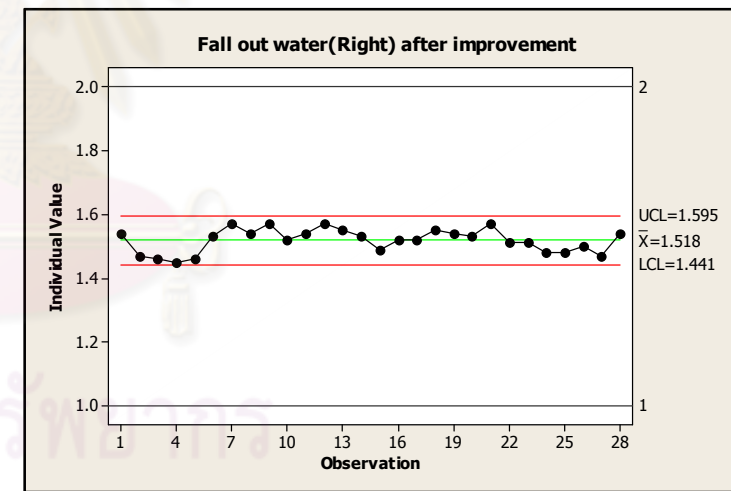
(1)



(2)



(3)



(4)

รูปที่ 4.14 (1) และ (2) แสดงปริมาณ collected water ทางด้านซ้ายและขวาตามลำดับ ก่อนปรับปรุง (3) และ (4) แสดงปริมาณ collected water ทางด้านซ้ายและขวา ตามลำดับ หลังทำการปรับปรุง

การวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟ รูปที่ 4.13

เมื่อทำการเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลระหว่างกราฟ (1) และ (2) พบว่า การกระจายของข้อมูลในกราฟ (1) มีการกระจายตัวส่วนใหญ่อยู่ต่ำกว่าค่ากลาง ซึ่งหมายความว่า pH ของน้ำเกลือมีแนวโน้มที่จะมีความเป็นกรดสูงขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบ แต่ข้อมูลเริ่มแรกมีการเรียงกันติดต่อกัน 4 จุดซึ่งมีแนวโน้มจะทำให้ข้อมูลออกนอกเส้นควบคุมด้านบน และมีจุดที่ออกนอกเส้นควบคุม 2 จุด ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลออกนอกเส้นควบคุม มีดังนี้

- 1) มีน้ำเข้ามาปะปนกับระบบ ต้องทำการตรวจระดับน้ำที่อยู่รอบๆขอบฝาเครื่องไม่ให้กระเด็น เนื่องจากพบว่า มีแรงดันดันฝาเครื่องจนทำให้น้ำกระเด็นออกนอกเครื่อง ซึ่งอาจทำให้น้ำเข้าไปปนกับน้ำที่ตรวจสอบ
- 2) pH ของน้ำเกลือขณะเตรียมไม่ได้อยู่ในสเปกที่กำหนด
- 3) เตรียมน้ำเกลืออาจคนน้ำเกลือยังไม่ละลาย ทำให้ค่า pH สูงกว่าที่วัดได้จริง

จากสาเหตุดังกล่าวพบว่าค่า pH ในแต่ละวันไม่คงที่อาจส่งผลให้ผลการทดสอบในแต่ละครั้งต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทำการตรวจเช็คและบำรุงรักษาเครื่องมือเพิ่มเติม โดยเพิ่มการบำรุงรักษา รายสัปดาห์ รายเดือน และราย 3 เดือน นอกจากนี้ในการเตรียมน้ำเกลือ ได้ทำการกำหนดให้กวนน้ำเกลือให้ทั่วจนเกลือละลายจนหมด เพื่อป้องกันการวัดค่า pH ผิดพลาด โดยหลังจากทำการแก้ไขแล้ว ได้ผลการทดลองตามกราฟ (2) ซึ่งไม่พบจุดที่ออกนอกเส้นควบคุมและการกระจายตัวของกราฟเข้าใกล้ค่ากลางมากขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟ รูปที่ 4.14

จากกราฟรูปที่ (1) และ (2) เป็นกราฟของข้อมูลปริมาณน้ำใน Collected tank ซึ่งพบว่าปริมาณน้ำทางด้านซ้ายและขวาค่อนข้างต่างกันมาก และปริมาณน้ำที่เก็บได้ในแต่ละวันค่อนข้างไม่สม่ำเสมอ เมื่อตรวจสอบหาสาเหตุของเครื่องมือพบสาเหตุ ดังนี้

- 1) ไม่มีการทำการบำรุงรักษาเครื่องมือ ทำให้อุปกรณ์บางส่วนเสียหาย ได้แก่ ใต้กรองตรง Nozzle อุดตัน

2) ตำแหน่งของ collected tank ไม่สมมาตรกัน และบางครั้งมีชิ้นงานมาวางปิดไว้ทำให้การเก็บน้ำทางด้านซ้ายและขวา ไม่เท่ากัน

3) ความดันภายในเครื่อง SST ต่างกัน เนื่องจากเมื่อตรวจสอบ พบว่า ท่อระบายไอน้ำอุดตัน

เมื่อพบสาเหตุแล้ว จึงทำการแก้ไขโดย ทำการบำรุงรักษา รายสัปดาห์ รายเดือน และราย 3 เดือน โดยหลังจากทำการแก้ไข พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวดังกราฟ (3) และ (4) ซึ่งพบว่า ปริมาณน้ำทั้งสองด้านค่อนข้างเท่ากัน และการกระจายตัวของข้อมูลอยู่ในช่วงที่แคบลงเมื่อเปรียบเทียบกับ (1) และ (2)

4.8 เครื่องมือและมาตรฐานอ้างอิง

สำหรับเครื่องมือและมาตรฐานทดสอบของห้องปฏิบัติการกำหนดให้ห้องปฏิบัติการต้องมีเครื่องมือ และมาตรฐานอ้างอิง ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบ ได้รับการสอบเทียบ และ/หรือทวนสอบ ตรวจสอบระหว่างการใช้งาน บำรุงรักษา และจัดทำประวัติ รวมทั้งการควบคุมอื่นๆ เพื่อคงความถูกต้อง และแม่นยำสม่ำเสมอ

ทางห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนจัดทำบันทึกการใช้เครื่องมือ คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องมือ และมาตรฐานอ้างอิงไว้หน้างานเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

กรณีเครื่องมือชำรุด ใช้งานไม่ได้หรือให้ผลการสอบเทียบที่น่าสงสัย ให้ผู้มีสิทธิ์ใช้เครื่องมือ แสดงป้ายห้ามใช้งานให้ชัดเจน และนำออกจากการใช้งาน จนกว่าจะทำการตรวจสอบ



รูปที่ 4.15 อุปกรณ์ที่ติดสติ๊กเกอร์แสดงรายละเอียดการผ่านการสอบเทียบ

การสอบเทียบเครื่องมือทดสอบและวัสดุอ้างอิงที่ใช้ทดสอบภายในห้องปฏิบัติการทดสอบ นั้น ได้มีการส่งสอบเทียบตามแผนการปรับเทียบอย่างสม่ำเสมอ โดยผลการสอบเทียบเครื่องมือ และการทวนสอบวัสดุอ้างอิง และค่าความไม่แน่นอนแสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงรายละเอียดการทวนสอบวัสดุอ้างอิงและเครื่องมือทดสอบ

เครื่องมือทดสอบ/วัสดุอ้างอิง	ค่าความไม่แน่นอน	เกณฑ์การยอมรับ	ผู้สอบเทียบ
Buffer solution pH 4.01	± 0.015	± 0.03	Merck (ผู้ผลิต)
Buffer solution pH 7.00	± 0.015	± 0.03	Merck (ผู้ผลิต)
Salt Spray Tester	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	สอบเทียบภายใน
Thermometer	$\pm 0.185^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	Calibratech

จากตารางพบว่าผู้สอบเทียบ Salt Spray Tester เป็นการสอบเทียบภายในเอง เนื่องจากไม่มีผู้ที่สามารถสอบเทียบเครื่องได้โดยตรง และผู้ผลิตเครื่องซึ่งเป็นบริษัทจากต่างประเทศไม่มีห้องปฏิบัติการสอบเทียบภายในประเทศไทย และหาห้องปฏิบัติการเองไม่สามารถส่งเครื่องไปสอบเทียบที่ผู้ผลิตได้เนื่องจากลักษณะเครื่องและลักษณะการใช้งานของเครื่องต้องใช้งานตลอด 24 ชม. เนื่องจากทางบริษัทผู้ผลิตมีห้องปฏิบัติการสอบเทียบ จึงทำการสอบเทียบภายในด้วยตนเอง ซึ่งเครื่องมือวัดอุณหภูมิหรือเทอร์โมมิเตอร์ที่นำมาใช้นั้นมีการทวนสอบเป็นประจำจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองตามระบบ ISO/IEC 17025 ดังนั้นผลการสอบเทียบเครื่อง Salt Spray tester น่าจะเป็นที่น่าเชื่อถือได้

4.9 การจัดการตัวอย่างทดสอบ

นโยบาย

เพื่อให้มั่นใจว่า ตัวอย่างทดสอบ จะได้รับการจัดการ เก็บรักษา และ/หรือทำลายอย่างถูกต้อง ปลอดภัยและเหมาะสม

- 1) ต้องมีขั้นตอนในการขนส่ง การรับ การจัดการ การป้องกัน การเก็บรักษา และ/หรือทำลายตัวอย่าง

- 2) การจัดเก็บตัวอย่างต้องจัดเก็บภายใต้สภาวะแวดล้อมและตามระยะเวลาที่กำหนด ต้องจัดให้มีสิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมในการป้องกันการเสื่อมสภาพ การสูญหาย หรือการเสียหายที่จะเกิดแก่ตัวอย่างทดสอบระหว่างการเก็บรักษา
- 3) ตัวอย่างทดสอบ ต้องมีการลงทะเบียนและติดป้ายแสดงสถานะเพื่อชี้บ่งตัวอย่าง
- 4) กำหนดให้เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเป็นผู้รับผิดชอบในการรับตัวอย่างทดสอบ และบันทึกสภาพตัวอย่างที่รับ รวมทั้งปริมาณ จำนวนตัวอย่าง และรายละเอียดอื่นๆ ที่จำเป็น ลงใน คำขอรับบริการ กรณีที่มีข้อสงสัยถึงความเหมาะสมกับตัวอย่างหรือกรณีที่ตัวอย่างไม่เป็นไปตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ หรือลูกค้าไม่ได้ระบุรายละเอียดที่เพียงพอของการรับบริการ ต้องแจ้งให้ทีมจัดการวิชาการ หรือผู้จัดการคุณภาพ รับทราบ เพื่อติดต่อหารือกับลูกค้า เพื่อรับคำแนะนำเพิ่มเติมก่อนดำเนินการต่อไป

เอกสารแสดงรหัสและสถานะของแผ่นทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน	
รหัสตัวอย่าง TLA - _____ - _____ / _____ แผ่นที่ ____ / ____	
รหัสเครื่อง.....	ทดสอบ :
ข้อมูลเพิ่มเติม.....	
<input type="checkbox"/> รอดำเนินการ	ผู้รับตัวอย่าง _____ วันที่ _____
<input type="checkbox"/> กำลังทดสอบ	ผู้ดำเนินการ _____ วันที่ _____
<input type="checkbox"/> รอจำหน่าย	
TLA-F023	Rev.0

รูปที่ 4.16 เอกสารแสดงสถานะของแผ่นทดสอบ

4.10 การประกันคุณภาพผลการทดสอบ

นโยบาย

เพื่อให้มั่นใจว่า ห้องปฏิบัติการมีการควบคุมคุณภาพ เพื่อเฝ้าระวังความใช้ได้ของการทดสอบ และมีการตรวจสอบแนวโน้มต่างๆ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อพบว่าอยู่นอกเกณฑ์ที่ควบคุม ต้องดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เพื่อแก้ไขและป้องกันไม่ให้เกิดการรายงานผลที่ไม่ถูกต้อง

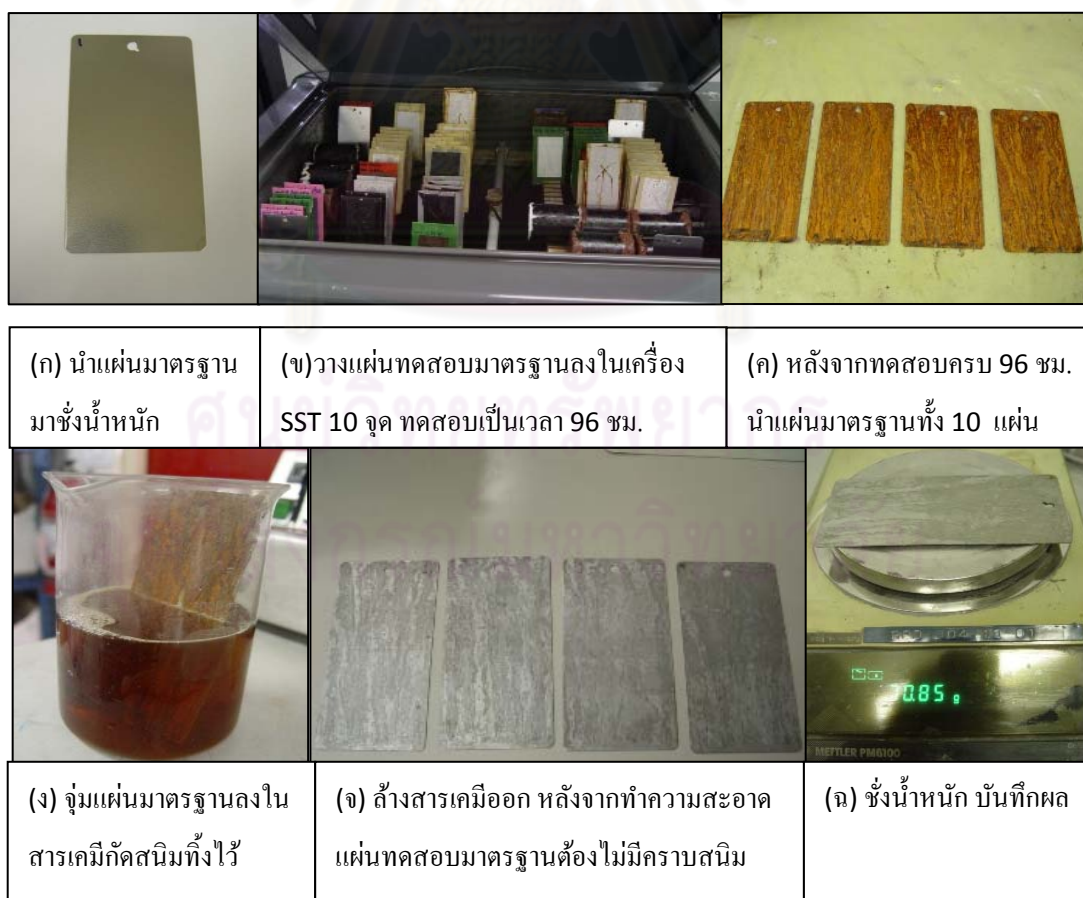
1. ห้องปฏิบัติการต้องมีการเฝ้าระวังความใช้ได้ของผลการทดสอบ และต้องมีการบันทึกข้อมูลที่ได้ในลักษณะที่สามารถตรวจสอบแนวโน้มต่างๆ ได้ และต้องมีการใช้วิธีการทางสถิติในการทบทวนผลต่างๆ ด้วย การเฝ้าระวังนี้ต้องมีการวางแผน และทบทวน โดยให้เลือกดำเนินการตามวิธีดังต่อไปนี้ ตามความเหมาะสมกับชนิดและปริมาณของงานที่รับผิดชอบ

1) การใช้วัสดุอ้างอิงรับรอง (CRM)

2) เข้าร่วมในการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ (Interlab) หรือการทดสอบความชำนาญ (Proficiency Testing : PT)

3) การทดสอบหาความเที่ยง (Replicate Tests)

2. ห้องปฏิบัติการต้องมีวิเคราะห์ข้อมูลผลการควบคุมคุณภาพ และเมื่อพบว่าอยู่นอกเกณฑ์การควบคุม



รูปที่ 4.17 แสดงขั้นตอนการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ

จากนโยบายดังกล่าว ทางห้องปฏิบัติการทดสอบได้ดำเนินการควบคุมคุณภาพภายใน โดยจัดทำเป็นคู่มือปฏิบัติการการควบคุมคุณภาพภายใน และในห้องปฏิบัติการทดสอบนี้ได้ กำหนดให้มีการควบคุมคุณภาพภายในโดยการทดสอบซ้ำ (Replicate Tests) ซึ่งการทดสอบนี้เป็น การทดสอบแบบทำลาย จึงทำให้ยากต่อการทดสอบซ้ำ เนื่องจากวัสดุที่ทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ไม่ใช่วัสดุเดียวกัน ดังนั้นทางห้องปฏิบัติการจึงเลือกใช้วัสดุ ซึ่งเป็นแผ่นเหล็ก ชนิด SPCE โดยการเตรียมแผ่นเหล็กที่นำมาทดสอบนี้ทางผู้ผลิตได้เตรียมตามมาตรฐาน ASTM และเป็นผู้ผลิตแผ่น เหล็กที่ได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับ ทางห้องปฏิบัติการทดสอบจึงเลือกใช้แผ่นทดสอบจากผู้ผลิต รายนี้ ในส่วนของการจัดเก็บ ทางห้องปฏิบัติการทดสอบได้จัดเก็บแผ่นทดสอบภายใต้อุณหภูมิ $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เพื่อให้มั่นใจว่าแผ่นทดสอบไม่เกิดสนิม และก่อนนำมาใช้งานได้ทำการตรวจเช็คทุกครั้ง โดยแสดงรายละเอียดได้ ดังรูปที่ 4.15



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเอกสาร การควบคุมคุณภาพภายใน		เอกสารหมายเลข W004	
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่ 0	ชุด A
		วันที่ 14/3/52	
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	การควบคุมคุณภาพภายในของการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน
			หน้า 1/1

การควบคุมคุณภาพการทดสอบ / เกณฑ์

1. วัสดุอ้างอิง

วัสดุอ้างอิงเป็นแผ่นเหล็กเกรด SPCE ขนาด 70 mm x 150 mm และมีความหนา 1 mm \pm 0.2 mm.

จำนวน 10 แผ่น ผิวของวัสดุอ้างอิงต้องไม่มีรอยตำหนิ

ก่อนทดสอบต้องทำความสะอาดคราบไขมันและสิ่งสกปรกต่างๆที่มีผลกระทบต่อผลการทดสอบ

โดยใช้ M.E.K. ล้างทำความสะอาด จากนั้นชั่งน้ำหนักวัสดุทดสอบ (หน่วยมิลลิกรัม) และปิดผิวของวัสดุ 1 ด้านด้วยเทป

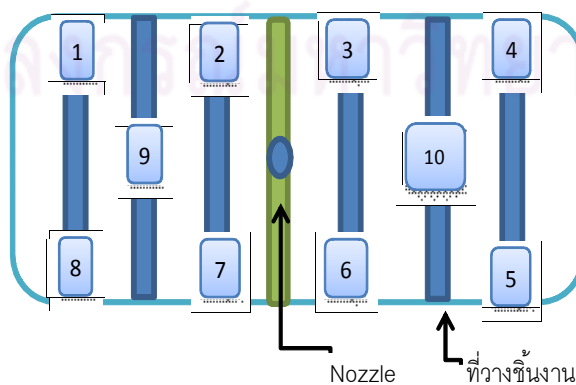
2. วิธีทดสอบ

วางวัสดุอ้างอิงทั้ง 10 ชิ้นไว้ใน chamber ตามแผนผัง โดยวางด้านที่ไม่ถูกเคลือบไว้ด้านบน วางทำมุม $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$ กับแนวตั้ง ทดสอบเป็นเวลา 96 ชั่วโมง

เมื่อทำการทดสอบเสร็จจึงเทเปที่เคลือบออก ล้างวัสดุอ้างอิงด้วยน้ำเย็นและล้างเกลือที่ติดอยู่ จุ่มวัสดุอ้างอิงลงในสารละลายที่เตรียมได้โดยเติม hexamethylenetetramine 3.5 กรัมลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 50% v/v จุ่มจนกระทั่งคราบสนิมหลุดออกหมด ล้างด้วยน้ำอีกครั้งที่ให้แห้ง ชั่งน้ำหนักของวัสดุอ้างอิง (หน่วยมิลลิกรัม)

3. การวิเคราะห์ผล

คำนวณน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในหน่วย g/m^2 แล้วนำมาคำนวณโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (T-Test)



แผนผังการวางแผ่นเหล็ก SPCE 10 แผ่น ภายในเครื่อง SST

จากขั้นตอนการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการทดสอบนี้ หลังจากทำการทดสอบซ้ำเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทั้งสองครั้งมาทำการประเมินผลโดยใช้ Hypothesis (T Test) โดยวิธีการประเมินและผลการประเมินแสดงได้ดังต่อไปนี้

Hypothesis Test :

H_0 : ค่าการวัดเฉลี่ยของข้อมูลชุดที่ 1 เท่ากับ ค่าการวัดเฉลี่ยของข้อมูลชุดที่ 2

H_a : ค่าการวัดเฉลี่ยของข้อมูลชุดที่ 1 ไม่เท่ากับ ค่าการวัดเฉลี่ยของข้อมูลชุดที่ 2

โดยจากการทดลอง ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของแผ่นเหล็กหลังจากทำการกำจัดคราบสนิม และนำข้อมูลมาคำนวณ โดยคิดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งใช้การคำนวณ โดยใช้โปรแกรมช่วยในการคำนวณผลการคำนวณ แสดงดังนี้

No.	ค่าเฉลี่ย	
	ข้อมูลชุดที่ 1	ข้อมูลชุดที่ 2
1	2.44	2.31
2	2.35	2.45
3	2.76	2.78
4	2.73	2.75
5	2.34	2.46
6	2.55	2.61
7	2.47	2.56
8	2.58	2.62
9	2.71	2.68
10	2.67	2.65
Mean	2.56	2.587
SD.	0.156	0.145

Difference = mu (1) - mu (2)
 Estimate for difference: -0.0270
 95% CI for difference: (-0.1691, 0.1151)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.40 P-Value = 0.693

จากผลการคำนวณ พบว่า ค่า P-value ที่คำนวณได้ เท่ากับ 0.693 แสดงว่าสามารถยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หมายถึงข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2 ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผลการทดสอบของเครื่อง SST ในแต่ละครั้งให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

นอกจากการควบคุมคุณภาพภายในแล้ว ทางห้องปฏิบัติการทดสอบได้ดำเนินการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบว่าผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบมีความน่าเชื่อถือ แต่เนื่องจากปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนที่ได้รับการรับรองระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 ดังนั้นทางห้องปฏิบัติการทดสอบนี้จึงทำการคัดเลือกห้องปฏิบัติการทดสอบที่ใช้วิธีการทดสอบและมีการจัดการคุณภาพสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบที่ใกล้เคียงกับมาตรฐาน ISO/IEC 17025 กำหนดไว้มาทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ โดยดำเนินการเปรียบเทียบผลการทดสอบและสภาวะการทดสอบ ซึ่งสามารถคัดเลือกห้องปฏิบัติการทดสอบมาเปรียบเทียบผลได้ 3 ห้องปฏิบัติการทดสอบโดยรวมห้องปฏิบัติการทดสอบที่งานวิจัยนี้ดำเนินการปรับปรุงเข้าไว้ด้วย ดังนี้

1. ห้องปฏิบัติการทดสอบของหน่วยงานรัฐบาลแห่งหนึ่ง (ห้องปฏิบัติการ DD)
2. ห้องปฏิบัติการทดสอบของหน่วยงานเอกชนที่เปิดรับทดสอบ (ห้องปฏิบัติการ FF)
3. ห้องปฏิบัติการทดสอบ ABC

โดยลักษณะและวิธีการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการทดสอบทั้งสามแห่งนี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อพิสูจน์ว่าการจัดการห้องปฏิบัติการทดสอบมีวิธีการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกันจนทำให้สามารถนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกันได้ ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

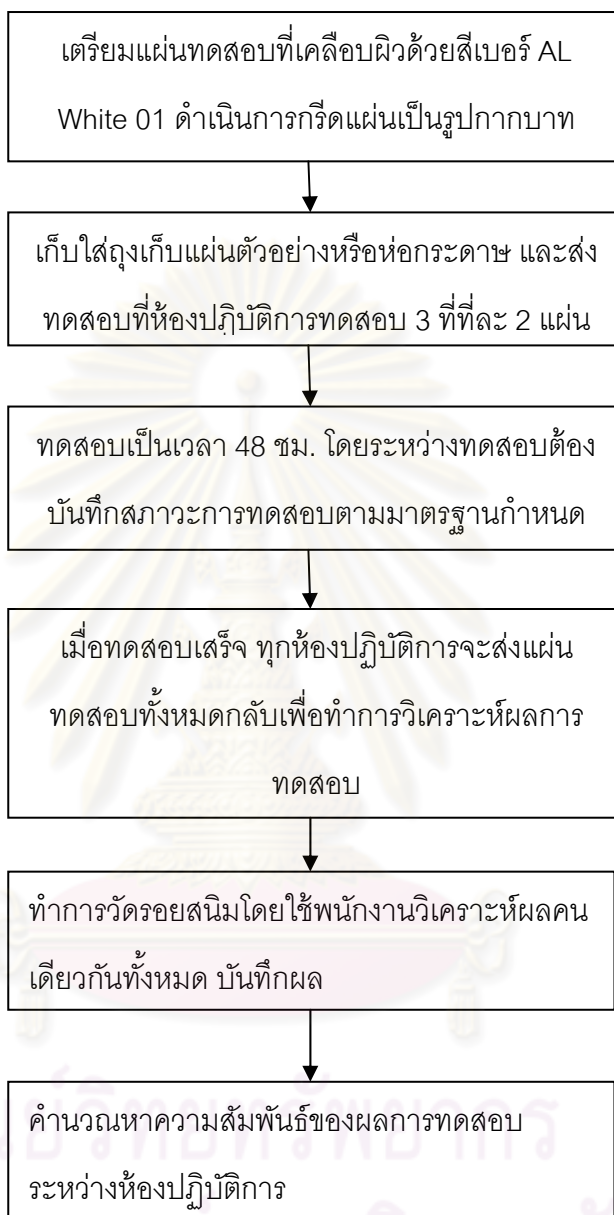
รายการ	DD	FF	ABC
1.มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ	ASTM B 117	ASTM B 117	JIS K 5400 9.1
3.สารเคมีที่ใช้ทดสอบ	1. เกลือ AR Grade 2. Deionized water	1. เกลือ AR Grade 2. น้ำ Deionized water	1. เกลือ AR Grade 2. น้ำ Deionized water
4.การตรวจสอบสภาวะทดสอบ	Daily check (พนักงานบันทึก)	Daily check (ใช้ระบบ computer)	Daily Check (พนักงานบันทึก)

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

รายการ	DD	FF	ABC
5.การสอบเทียบเครื่องมือ	Humidity&Temp.	Humidity&Temp.	Humidity&Temp.
6.ความถี่ในการสอบเทียบเครื่องมือ SST	1 ครั้ง/ปี	1 ครั้ง/ปี	1 ครั้ง/ปี
7. การวิเคราะห์หิมผล	วัดระยะเวลาการลามของสนิม	ตรวจสอบการหลุดลอกของฟิล์มสี	วัดระยะเวลาการลามของสนิม

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ห้องปฏิบัติการทดสอบ DD และห้องปฏิบัติการทดสอบ FF ใช้มาตรฐาน ASTM B117 ส่วนห้องปฏิบัติการทดสอบที่ ABC ใช้มาตรฐาน JIS K 5400 9.1 ซึ่งเป็นมาตรฐานของญี่ปุ่น จากการเปรียบเทียบสภาวะการทดสอบและวิธีการทดสอบของมาตรฐาน JIS K 5400 9.1 และ ASTM B 117 พบว่า มาตรฐานทั้งสองมาตรฐานกำหนดการเตรียมสารเคมี การเตรียมชิ้นงานทดสอบและสภาวะการทดสอบในเครื่อง SST เหมือนกัน แต่มาตรฐาน ASTM B 117 กำหนดให้ใช้น้ำในการเตรียมสารละลายเคมีเป็นน้ำ type 3 โดยในข้อกำหนดตามมาตรฐาน ASTM จะกำหนดส่วนประกอบและกำหนดค่า conductivity ของน้ำ แต่ในมาตรฐาน JIS K 5400 9.1 กำหนดให้ใช้น้ำ Deionized water โดยควบคุมเพียงค่า conductivity ของน้ำเพียงอย่างเดียว โดยไม่กำหนดส่วนประกอบของน้ำ ซึ่งถือเป็นข้อแตกต่างระหว่าง 2 ระบบ แต่เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.5 พบว่าห้องปฏิบัติการ DD และห้องปฏิบัติการ FF ซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน B117 ใช้น้ำ Deionized water เหมือนกับห้องปฏิบัติการทดสอบ ABC เมื่อพิจารณาการควบคุมค่า conductivity ของน้ำระหว่างสองวิธีมาตรฐาน พบว่าช่วงของการควบคุมค่า conductivity ของน้ำเป็นช่วงเดียวกัน ดังนั้นจากการเปรียบเทียบสภาวะการทดสอบและวิธีการทดสอบของทั้งสามห้องปฏิบัติการแล้ว พบว่าสามารถนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบระหว่างห้องปฏิบัติการได้

ในขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการนั้น ในส่วนของ การเตรียมแผ่นการทดสอบจะถูกเตรียมจากห้องปฏิบัติการที่ 3 เพียงที่เดียว โดยผู้เตรียมแผ่นทดสอบใช้พนักงานเพียงคนเดียว ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้พารามิเตอร์อื่นๆมาส่งผลให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อน ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการทดสอบได้ดังนี้



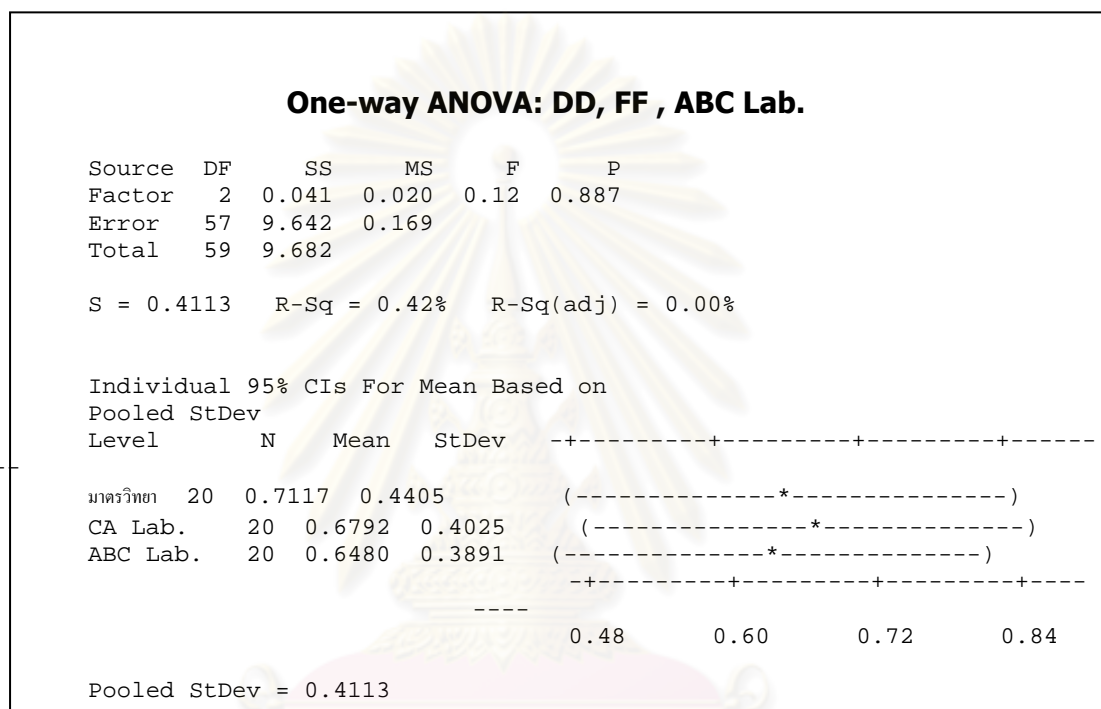
รูปที่ 4.18 ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ

หลังจากที่ทำการส่งแผ่นไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการทดสอบทั้งสามเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการนำผลการทดสอบที่ได้ไปคำนวณหาความสัมพันธ์ โดยใช้เทคนิค ANOVA ในการหาความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์การลามของสนิมเปรียบเทียบระหว่างห้องปฏิบัติการทดสอบ

จุดที่	ผลการวัดการลามของสนิม (มม.)								
	DD			FF			ABC		
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	เฉลี่ย	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	เฉลี่ย	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	เฉลี่ย
1	0.88	0.85	0.865	0.95	0.91	0.93	0.79	0.87	0.83
2	0.54	0.5	0.52	0.31	0.45	0.38	0.4	0.34	0.37
3	1.44	1.36	1.4	1.07	1.2	1.135	1.11	1.05	1.08
4	1.22	1.13	1.175	0.92	1.12	1.02	1.24	0.97	1.105
5	1.15	1.07	1.11	0.94	0.91	0.925	1.08	0.96	1.02
6	1.3	1.21	1.255	1.42	1.23	1.325	1.27	1.12	1.195
7	1.6	1.43	1.515	1.37	1.42	1.395	1.23	1.34	1.285
8	1	0.92	0.96	0.95	0.87	0.91	0.91	0.82	0.865
9	0.77	0.61	0.69	0.54	0.78	0.66	0.72	0.58	0.65
10	0.51	0.59	0.55	0.21	0.4	0.305	0.24	0.44	0.34
11	0.21	0.3	0.255	0.33	0.41	0.37	0.27	0.35	0.31
12	0.1	0.17	0.135	0.1	0.22	0.16	0.13	0.18	0.155
13	0.32	0.41	0.365	0.34	0.26	0.3	0.34	0.38	0.36
14	0.5	0.31	0.405	0.46	0.55	0.505	0.34	0.42	0.38
15	0.31	0.37	0.34	0.31	0.46	0.385	0.37	0.33	0.35
16	0.22	0.13	0.175	0.28	0.19	0.235	0.25	0.21	0.23
17	0.71	0.57	0.64	0.62	0.69	0.655	0.66	0.57	0.615
18	1.2	1.23	1.215	1.31	1.26	1.285	1.26	1.21	1.235
19	0.2	0.25	0.225	0.25	0.29	0.27	0.22	0.21	0.215
20	0.42	0.46	0.44	0.38	0.49	0.435	0.31	0.43	0.37

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาความสัมพันธ์ของผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการทั้ง 3 แห่ง โดยใช้วิธีทางสถิติ ANOVA Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อศาสตร์โปรแกรม Minitab เป็นเครื่องมือในการคำนวณ สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้



จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ผลการทดสอบโดยใช้วิธีทางสถิติ ANOVA Test ในการทดสอบ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการทดสอบพบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.887 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า α - Value จึงสรุปได้ว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการวิเคราะห์การทดสอบของห้องปฏิบัติการทั้งสามแห่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การควบคุมความผิดพลาดในกระบวนการทดสอบโดยใช้เทคนิค FMEA

จากการวิเคราะห์ความผิดพลาดหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการทดสอบความทนทาน ต่อการกัดกร่อนโดยใช้เทคนิค FMEA ในบทที่ 3 นั้น พบว่ามีสาเหตุของปัญหาที่ต้องปรับปรุงใน ส่วนของการควบคุมกระบวนการทดสอบตามตารางที่ 3.18 โดยสาเหตุของปัญหาเหล่านี้บางส่วน ได้ถูกดำเนินการปรับปรุงและควบคุมปัญหาโดยใช้แนวทางของระบบคุณภาพการจัดการ ्ह่องปฏิบัติการทดสอบ/สอบเทียบ ISO/IEC 17025 ส่วนสาเหตุของปัญหาที่เหลืออยู่ถูกนำมา ดำเนินการควบคุมโดยการปรับปรุงกระบวนการควบคุมปัญหาของกระบวนการทดสอบ เพื่อให้ลด โอกาสในการเกิดปัญหาและสามารถตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นได้ สามารถสรุปปัญหาและสาเหตุ ของปัญหาที่ถูกคัดเลือกมาทำการควบคุมได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่ถูกคัดเลือกมาดำเนินการควบคุม

ปัญหา	สาเหตุของปัญหา	Sev.	Occ.	Det.	RPN
1.แผ่นทดสอบเกิดสนิม ก่อนทดสอบ	1.1) สภาวะแวดล้อมการเก็บแผ่นทดสอบ	4	4	8	128
	1.3) การห่อเก็บชิ้นงานทดสอบไม่ดี	4	3	8	96
3.ความเข้มข้นของ น้ำเกลือก่อนทดสอบไม่ อยู่ในช่วงที่กำหนด	3.1) เตรียมน้ำเกลือในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน	5	5	3	75
	3.2) พนักงานเตรียมสารเคมีไม่ตรงข้อกำหนด	5	4	6	120
4.ค่า pH ของน้ำเกลือไม่ คงที่	4.1) สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน	7	4	3	84
	4.3) อุณหภูมิในการวัดค่า pH ไม่ได้มาตรฐาน	7	4	5	140

ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่ถูกคัดเลือกมาดำเนินการควบคุม

ปัญหา	สาเหตุของปัญหา	Sev.	Occ.	Det.	RPN
6.ผลการทดสอบด้วย เครื่อง SST คลาดเคลื่อน	6.1) เครื่อง SST ทำงานไม่ต่อเนื่อง	8	7	5	280
	6.2) เครื่องทำงานผิดปกติ	8	4	5	160
	6.3) สภาวะทดสอบไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	8	8	5	320
	6.4) วางชิ้นงานในเครื่อง SST ผิด	8	3	3	72
	6.5) สภาพแวดล้อมที่ตั้งเครื่อง SST ไม่ ควบคุม	8	2	5	80
	6.6) เครื่อง SST เสียเป็นเวลานาน	8	4	5	180
7 พนักงานวัดรอยสนิม ผิดพลาด	7.1) พนักงานกำหนดจุดวัดต่างกัน	4	7	3	84

สาเหตุของปัญหาที่ถูกคัดเลือกนี้ ถูกนำมาดำเนินการควบคุมสาเหตุของปัญหาโดยหลังจากดำเนินการปรับปรุงกระบวนการควบคุมปัญหาแล้ว ได้นำไปทดลองใช้และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาในกระบวนการทดสอบ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการควบคุมปัญหาที่ถูกปรับปรุงขึ้น โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกรกฎาคม จนถึงเดือนตุลาคม 2552 เป็นเวลา 4 เดือน วิธีการปรับปรุงการควบคุมกระบวนการทดสอบ ผลที่ได้จากการปรับปรุง และค่า RPN ที่คำนวณได้ตามหลักของเทคนิค FMEA หลังจากทำการปรับปรุง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การควบคุมแผ่นทดสอบ

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับแผ่นทดสอบ ได้แก่ แผ่นทดสอบเป็นสนิมก่อนนำเข้าไปทดสอบในเครื่อง SST จากการใช้เทคนิค FMEA พบว่าสาเหตุที่ทำให้แผ่นทดสอบเป็นสนิม ได้แก่

1.1) สภาวะแวดล้อมของการเก็บแผ่นทดสอบไม่เหมาะสม

สภาวะแวดล้อมในการเก็บแผ่นทดสอบในปัจจุบันไม่ได้ทำการควบคุมอย่างจริงจัง โดยแผ่นทดสอบจะถูกเก็บไว้ในเดซีเคเตอร์ซึ่งในเดซีเคเตอร์นั้นมีแผ่นทดสอบอื่นๆถูกเก็บปนกัน และเดซีเคเตอร์อยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้โอกาสที่ความชื้นจะเข้ามาทำลายแผ่นทดสอบค่อนข้างสูง ดังรูป 5.2 ดังนั้นจึงทำการเปลี่ยนเดซีเคเตอร์ใหม่และจัดการเก็บแผ่นทดสอบแยกออกจากส่วนอื่นๆ ดังรูปที่ 5.2 นอกจากนี้ในแบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบได้เพิ่มการบันทึกลักษณะแผ่นทดสอบก่อนทำการทดสอบ เพื่อป้องกันผลการทดสอบผิดพลาด และหากแผ่นทดสอบเกิดคราบสนิมก่อนทดสอบจะได้ทำการคัดแยกออกจากการทดสอบและแจ้งทางลูกค้าว่าจะทำการทดสอบต่อหรือไม่



รูปที่ 5.1 การควบคุมสภาวะแผ่นทดสอบก่อนทำการปรับปรุง



รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการการควบคุมสภาวะแผ่นทดสอบหลังทำการปรับปรุง

หลังจากที่ทำการปรับปรุงสภาวะแวดล้อมในการควบคุมแผ่นทดสอบ ระดับความรุนแรงของปัญหา (Sev.) ยังคงเดิม เมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการตรวจจับปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า โอกาสที่ทำให้เกิดปัญหาก่อนปรับปรุงอยู่ที่ระดับ 4 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโอกาสในการเกิดปัญหาได้ 13.17% หลังทำการปรับปรุงโอกาสที่ทำให้เกิดปัญหาลดลงเป็นระดับ 3 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโอกาสในการเกิดปัญหาเท่ากับ 6% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหาลดลงเช่นกัน เนื่องจากก่อนทำการปรับปรุงนั้นความสามารถในการตรวจจับปัญหาอยู่ในระดับ 8 เนื่องจากใช้เพียงการตรวจสอบด้วยสายตาเพียงอย่างเดียว หลังจากการปรับปรุงสาเหตุของปัญหานี้ได้ทำจัดทำวิธีการเก็บแผ่นทดสอบเป็นมาตรฐาน หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว พบว่าความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 5 เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 128 เป็น 60

1.3) การห่อเก็บชิ้นงานทดสอบไม่ดี

การปรับปรุงวิธีการควบคุมแผ่นไม่ให้เกิดสนิมมีดังนี้

- ปรับปรุงวิธีการเก็บแผ่นทดสอบ จากเดิมใส่ลงในถุงพลาสติก ซึ่งการหยิบแผ่นทดสอบออกจากถุงพลาสติกอาจทำให้มือไปสัมผัสกับแผ่นทดสอบ ดังนั้นจึงเปลี่ยนวิธีเป็นการห่อกระดาษแทน
- อบรมวิธีการทำงานของพนักงาน

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า โอกาสที่ทำให้เกิดปัญหาก่อนปรับปรุงอยู่ที่ระดับ 3 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโอกาสในการเกิดปัญหา 7.07% หลังทำการปรับปรุงโอกาสการเกิดปัญหาลดลงที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของโอกาสในการเกิดปัญหาเท่ากับ 2.67% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหา เนื่องจากก่อนทำการปรับปรุงนั้นความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 8 เนื่องจากพนักงานใช้การตรวจสอบด้วยสายตา หลังจากการปรับปรุงสาเหตุของปัญหานี้ได้จัดทำวิธีการเก็บแผ่นทดสอบเป็นมาตรฐาน หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว พบว่าความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 5 เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 96 เป็น 40

แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (Salt Spray Resistance Test)	
ชื่อตัวอย่าง	ลักษณะตัวอย่างก่อนทดสอบ
ขนาดของตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง
วันที่บันทึกผล	
วันที่เริ่มทดสอบ	
วันที่คาดว่าจะเสร็จ	วันที่เสร็จจริง
ผู้ทำการทดสอบ	
Condition ของการทดสอบ	
1. ความเข้มข้นของ NaCl _____ %v/v	4. ความหนาแน่นของสารละลายเกลือ _____
2. อุณหภูมิใน chamber _____ °C	5. ค่า pH ของสารละลายเกลือ _____
3. ความดันอากาศ _____ bar	6. ปริมาณสารละลายเกลือใน collector _____ ml/ h/ 80 cm ²
Corrosion (measure)	Picture
1. _____	6. _____
2. _____	7. _____
3. _____	8. _____
4. _____	9. _____
5. _____	10. _____
\bar{X} =	

รูปที่ 5.3 แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนที่ถูกเพิ่มหัวข้อการตรวจลักษณะแผ่นทดสอบก่อนการทดสอบ

5.2 การควบคุมสารเคมีที่ใช้ทดสอบ

ในส่วนของการควบคุมสถานะของสารเคมีที่ใช้ทดสอบนี้ซึ่งเป็นปัญหาหัวข้อที่ 3 จากการใช้เทคนิค FMEA มาดำเนินการ ซึ่งปัญหาการเตรียมสารเคมีนี้ได้ทำปรับปรุงโดยใช้แนวทางของ ISO/IEC 17025 โดยกำหนดเป็นวิธีการเตรียมสารเคมีเพื่อให้พนักงานปฏิบัติตาม สาเหตุที่ทำให้การเตรียมสารเคมีไม่เป็นไปตามมาตรฐานกำหนดที่ถูกคัดเลือกมาทำการปรับปรุง คือ สาเหตุที่

หัวข้อ 3.1) การเตรียมน้ำเกลือซ้ำในแต่ละครั้งเตรียมไม่เท่ากัน

หัวข้อ 3.2) พนักงานเตรียมสารเคมีไม่ตรงกับวิธีที่กำหนด

จากสาเหตุทั้งสองสาเหตุดังกล่าว ได้นำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมพบว่าวิธีการเตรียมน้ำเกลือตามวิธีที่กำหนดค่อนข้างยุ่งยากและค่อนข้างเสียเวลา ทำให้พนักงานไม่ทำตามวิธีที่กำหนด ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงวิธีการเตรียมน้ำเกลือไม่ให้ยุ่งยากและรวดเร็ว และที่สำคัญก็คือไม่ทำให้ค่า pH และค่าความหนาแน่นเปลี่ยนไปจากสภาวะที่กำหนดไว้ โดยได้ทำการทดลองลดขั้นตอนในส่วนของการต้มน้ำจนเดือดแล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วออก และทดลองปรับค่า pH ของน้ำเกลือให้ collected water มีค่า pH อยู่ในช่วงที่กำหนด เนื่องจากขั้นตอนการต้มน้ำจนเดือดจนถึงทำให้เย็นอย่างรวดเร็วนี้ใช้เวลาค่อนข้างนานและยุ่งยากเนื่องจากการเตรียมน้ำเกลือ 20 ลิตร จะใช้เวลากับขั้นตอนนี้ไปประมาณ 30 นาที แต่ขั้นตอนนี้จะทำให้ค่า pH ของน้ำเกลือที่เตรียมได้กับค่า pH ของ collected water ที่เก็บได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่ถ้าตัดขั้นตอนนี้ออกไป ค่า pH ของ collected water จะสูงกว่าค่า pH ของน้ำเกลือที่เตรียมได้ค่อนข้างมาก บางครั้งสูงเกินช่วงที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงต้องทำการทดลองโดยกำหนดช่วงของค่า pH ของน้ำเกลือที่เตรียมได้เพื่อให้ค่า pH ของ collected water อยู่ในช่วงที่กำหนด ซึ่งขั้นตอนที่ทำการปรับปรุงมีรายละเอียดดังนี้

<u>ขั้นตอนเดิม</u>	<u>ขั้นตอนที่ทำการปรับปรุง</u>
1.เตรียมน้ำเกลือ 5%± 0.5%w/v	1.เตรียมน้ำเกลือ 5%± 0.5%w/v
2.คนเกลือให้ละลายในน้ำจนหมด	2.คนเกลือให้ละลายในน้ำจนหมด
3.เก็บตัวอย่างน้ำเกลือมา 100 ml	3.ปรับค่า pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วง 6.5-7.0
4.ต้มน้ำจนเดือดรุนแรง	
5.ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วจนมีอุณหภูมิ 35±1°C	
6.ปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 6.5-7.2	

หลังจากทำการปรับปรุงขั้นตอนการดำเนินการแล้ว ได้ทำการทดลองใช้และเก็บข้อมูลเป็นเวลา 4 เดือน เพื่อยืนยันว่าวิธีที่ปรับปรุงใหม่สามารถใช้งานได้จริง และจัดทำเป็นวิธีการมาตรฐาน

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมการดำเนินการทดสอบ ซึ่งรายละเอียดตามตัวอย่างเอกสารวิธี
ทดสอบมีดังนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเอกสาร	วิธีการทดสอบ	เอกสารหมายเลข	TLA-T001																				
บริษัท เพ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด		ทบทวนครั้งที่	1 ชุด A																				
		วันที่	16/3/52																				
หน้า																							
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	วิธีการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน																				
			3/4																				
ระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง																							
4) เมื่อครบกำหนดนำแผ่นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบออกจากเครื่อง ล้างด้วยน้ำสะอาด ทิ้งให้แห้งและประเมินผล																							
<p>2. การเตรียมสารละลายเกลือเพื่อใช้ทดสอบ</p> <p>ละลายเกลือลงในน้ำและปรับความเข้มข้นของเกลือเท่ากับ $5\% \pm 0.5\% w/v$ วัดค่าความหนาแน่นโดยใช้ hydrometer ความหนาแน่นต้องอยู่ในช่วง 1.026 ถึง 1.032 ที่ $35^{\circ}C$ ใช้ฝักกรองกรองเกลือที่ไม่ละลายก่อนเทลงใน reservoir เก็บตัวอย่างน้ำเกลือมาประมาณ 100 ml ปรับค่า pH โดยการเติม hydrochloric acid (0.1 mol/l) หรือ sodium hydroxide solution (0.1 mol/l) เพื่อปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 6.5-7.0 เมื่อปรับค่า pH ได้แล้วให้เติม hydrochloric acid (0.1 mol/l) หรือ sodium hydroxide solution (0.1 mol/l) ในอัตราส่วนเดียวกันนี้ลงในสารละลายเกลือที่ถูกเก็บตัวอย่างมาทดสอบ</p>																							
<p>3. วิธีการทดสอบ</p> <p>1) วางชิ้นงานลงใน salt spray chamber โดยใช้สภาวะทดสอบดังนี้</p> <table border="0"> <tr> <td>- อุณหภูมิใน chamber</td> <td>$35 \pm 1^{\circ}C$</td> </tr> <tr> <td>- relative humidity ใน chamber</td> <td>98-99%</td> </tr> <tr> <td>- temperature of humidifier</td> <td>$47 \pm 1^{\circ}C$</td> </tr> <tr> <td>- ความเข้มข้นของน้ำเกลือ ($35^{\circ}C$)</td> <td>$5\% \pm 0.5\% w/v$</td> </tr> <tr> <td>- ความดันอากาศเพื่อทำให้ spray</td> <td>0.96-1 bar</td> </tr> <tr> <td>- ปริมาณสารละลายเกลือใน collector</td> <td>1.0-2.0 ml/h (per 80 cm²)</td> </tr> <tr> <td>- ค่า pH ของสารละลายเกลือ</td> <td>6.5-7.2 ($33-35^{\circ}C$)</td> </tr> <tr> <td>- ความหนาแน่นของสารละลาย</td> <td>1.022-1.036 ($35^{\circ}C$)</td> </tr> <tr> <td>- ระดับน้ำเกลือใน reservoir</td> <td>ต้องมีระดับที่คงที่</td> </tr> <tr> <td>- ระดับน้ำใน humidifier</td> <td>อยู่ระหว่างเส้นระดับน้ำที่กำหนด</td> </tr> </table> <p>วางชิ้นงานขนานกับทิศทางการสเปรย์สารละลายเกลือ โดยทำมุม $20 \pm 5^{\circ}$ ตามแนวตั้ง หันด้านที่ทดสอบขึ้นด้านบนเพื่อรับละอองน้ำเกลือ ต้องวางชิ้นงานแต่ละชิ้นห่างกันอย่างน้อย 85 มม.</p> <p>2) หลังจากวางแผ่นทดสอบใน chamber และทดสอบตามเวลาที่กำหนด ล้างแผ่นทดสอบด้วยน้ำและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชม. สังเกตฟิล์ม โดยพิจารณาพื้นผิวที่ห่างจากขอบ 10 มม.</p>				- อุณหภูมิใน chamber	$35 \pm 1^{\circ}C$	- relative humidity ใน chamber	98-99%	- temperature of humidifier	$47 \pm 1^{\circ}C$	- ความเข้มข้นของน้ำเกลือ ($35^{\circ}C$)	$5\% \pm 0.5\% w/v$	- ความดันอากาศเพื่อทำให้ spray	0.96-1 bar	- ปริมาณสารละลายเกลือใน collector	1.0-2.0 ml/h (per 80 cm ²)	- ค่า pH ของสารละลายเกลือ	6.5-7.2 ($33-35^{\circ}C$)	- ความหนาแน่นของสารละลาย	1.022-1.036 ($35^{\circ}C$)	- ระดับน้ำเกลือใน reservoir	ต้องมีระดับที่คงที่	- ระดับน้ำใน humidifier	อยู่ระหว่างเส้นระดับน้ำที่กำหนด
- อุณหภูมิใน chamber	$35 \pm 1^{\circ}C$																						
- relative humidity ใน chamber	98-99%																						
- temperature of humidifier	$47 \pm 1^{\circ}C$																						
- ความเข้มข้นของน้ำเกลือ ($35^{\circ}C$)	$5\% \pm 0.5\% w/v$																						
- ความดันอากาศเพื่อทำให้ spray	0.96-1 bar																						
- ปริมาณสารละลายเกลือใน collector	1.0-2.0 ml/h (per 80 cm ²)																						
- ค่า pH ของสารละลายเกลือ	6.5-7.2 ($33-35^{\circ}C$)																						
- ความหนาแน่นของสารละลาย	1.022-1.036 ($35^{\circ}C$)																						
- ระดับน้ำเกลือใน reservoir	ต้องมีระดับที่คงที่																						
- ระดับน้ำใน humidifier	อยู่ระหว่างเส้นระดับน้ำที่กำหนด																						
<p>4. วิธีการประเมินผล</p> <p>1. กรณีทดสอบการลามของสนิม</p> <p>วัดการลามของสนิมจากรอยกรีดจนถึงตำแหน่งที่สนิมลามออกมาเป็นหน่วยมิลลิเมตร โดยวัดข้างละ 5 จุด พร้อมทั้งทำเครื่องหมายตรงตำแหน่งที่วัด นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเทียบหา Rating Number จากตารางภาคผนวก</p>																							

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา(Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า

หัวข้อ 3.1) ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 5 คิดเป็น 17.95% หลังทำการปรับปรุงพบว่าโอกาสในการเกิดปัญหาลดลงอยู่ที่ระดับ 4 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 12.20% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหา ยังคงอยู่ที่ระดับ 5 เท่าเดิม เนื่องจากการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานและปรับปรุงเอกสารวิธีปฏิบัติงานเพื่อให้พนักงานปฏิบัติงานได้ถูกต้อง เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 75 เป็น 60

หัวข้อ 3.2) ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 4 คิดเป็น 20.71% หลังทำการปรับปรุงพบว่าโอกาสในการเกิดปัญหาลดลงอยู่ที่ระดับ 3 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 7.3% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหา เนื่องจากก่อนทำการปรับปรุงนั้น ความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 6 เนื่องจากใช้การวัดค่า pH, ค่าความหนาแน่นของสารละลายเทียบกับค่ามาตรฐาน หลังจากการปรับปรุงสาเหตุของปัญหานี้ได้ทำ จัดทำวิธีการเตรียมน้ำเกลือใหม่ให้สะดวกและรวดเร็ว โดยจัดทำเป็นวิธีปฏิบัติงานเพื่อให้พนักงานปฏิบัติงานได้ถูกต้อง หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว พบว่าความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 3 เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 120 เป็น 45

5.3 การควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในห้องทดสอบ

จากปัญหาหัวข้อที่ 4 ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่ เมื่อใช้เทคนิค FMEA มาควบคุมผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับการกระบวนการทดสอบ พบว่าสาเหตุของปัญหาที่ถูกคัดเลือกให้นำมาปรับปรุงการควบคุม ได้แก่ สาเหตุหัวข้อที่

หัวข้อ 4.1) สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน

เนื่องจากห้องปฏิบัติการไม่ได้ทำการควบคุมขั้นตอนการจัดซื้อสารเคมีและวัสดุที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทดสอบ ทำให้สารเคมีที่นำมาใช้มีส่วนประกอบไม่ตรงตามข้อกำหนดที่ทางมาตรฐาน JIS K 5400 9.1 กำหนดไว้ ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงขั้นตอนในการดำเนินการจัดซื้อ โดยกำหนดให้ทางฝ่ายจัดซื้อจัดหาสารเคมีที่ตรงตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้ ซึ่งในขั้นตอนการจัดซื้อนี้ ได้ทำการปรับปรุงไปแล้วในบทที่ 4

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 4 คิดเป็น 12.15% หลังทำการปรับปรุงโอกาสในเกิดลดลงมาอยู่ที่ เป็นระดับ 3 คิดเป็น 8.13% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหา ก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุงความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 3 เท่ากัน เนื่องจากทำการปรับปรุงขั้นตอนการจัดซื้อสารเคมีและวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 60 เป็น 45

หัวข้อ 4.3) อุณหภูมิในการวัดค่า pH ไม่ได้มาตรฐาน

เนื่องจากในห้องปฏิบัติการทดสอบไม่ได้ทำการควบคุมอุณหภูมิทำให้ขณะวัดค่า pH อาจคลาดเคลื่อนจากสภาวะที่กำหนด ดังนั้นจึงทำการควบคุมสภาวะของห้องปฏิบัติการทดสอบ และบันทึกอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละวันตามแบบฟอร์มด้านล่าง นอกจากนี้ยังถือว่าเป็นการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการทดสอบที่มีเครื่องทดสอบ SST อยู่อีกด้วย โดยทั่วไปนั้นไม่จำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของสถานที่ตั้งเครื่องทดสอบ SST เพียงแต่ตั้งเครื่องไว้ในอาคาร ไม่ตั้งกลางแจ้งหรือถูกแสงแดด เนื่องจากภายนอกอาคารอาจมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในเครื่อง ซึ่งอาจทำให้เครื่องทำงานหนักและสภาวะการทดสอบภายในเครื่องไม่เป็นไปตามที่กำหนด



รูปที่ 5.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องปฏิบัติการทดสอบ

แบบบันทึกสภาวะแวดล้อมภายในห้องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

วัน/เดือน/ปี	เวลาในการบันทึก	อุณหภูมิที่อ่านได้, (°C)	ความชื้นที่อ่านได้ (%RH)	สิ่งผิดปกติที่สังเกตได้	ผู้บันทึก

รูปที่ 5.5 แบบบันทึกสภาวะแวดล้อมภายในห้องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 4 คิดเป็น 12.98% หลังทำการปรับปรุงโอกาสในเกิดลดลงมาอยู่ที่ เป็นระดับ 3 คิดเป็น 11.38% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหา ก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุงความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 5 เท่ากัน เนื่องจากเครื่องมือการควบคุมปัญหาใช้การบันทึกสภาวะเช่นเดียวกัน การปรับปรุงของสาเหตุนี้สามารถลดโอกาสการเกิดปัญหาได้แต่ไม่ได้เพิ่มความสามารถในการควบคุมปัญหา เมื่อดำเนินค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 140 เป็น 105

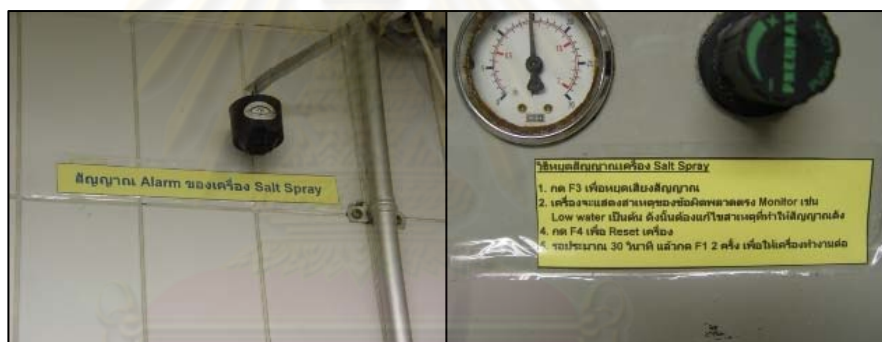
5.4 การควบคุมกระบวนการทดสอบในเครื่อง SST

จากปัญหาข้อที่ 6 ผลการทดสอบโดยใช้เครื่อง SST คลาดเคลื่อน พบว่าสาเหตุที่ถูกคัดเลือกมาทำการปรับปรุงการควบคุมการเกิดปัญหาและสาเหตุ มีดังนี้

หัวข้อ 6.1) เครื่อง SST ทำงานไม่ต่อเนื่อง

เนื่องจากการทำงานของเครื่อง SST นี้ เมื่อมีเหตุฉุกเฉินหรือสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น เช่น ไฟฟ้าดับ, น้ำในถัง saturated tank หมด หรือ อุณหภูมิสูงเกินกว่าที่ตั้งค่าไว้ เป็นต้น เครื่องจะมีเสียงสัญญาณดังและเครื่องจะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ การที่เครื่องจะเริ่มกลับมาทำงานใหม่อีกครั้งต้องทำการตั้งค่าเครื่องใหม่ แต่เนื่องจากภายในห้องปฏิบัติการทดสอบนี้ไม่มีพนักงานอยู่ประจำ ดังนั้นเมื่อสัญญาณดังขึ้น จึงไม่มีพนักงานเข้าไปแก้ไขเครื่อง ด้วยเหตุนี้ทำให้การทำงานของเครื่องไม่ต่อเนื่อง

ดังนั้นทางห้องปฏิบัติการได้ทำการขยายสัญญาณเสียงไปที่ห้องปฏิบัติการทดสอบอีกห้องหนึ่ง ซึ่งมีพนักงานประจำตลอด 24 ชม. เพื่อแก้ปัญหากรณีเสียงสัญญาณดัง และมีวิธีการในการปิดสัญญาณเสียงและการแก้ไขบอกไว้ที่หน้าเครื่อง ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 รูปภาพแสดงสัญญาณแจ้งเตือนและคำสั่งปฏิบัติการกรณีสัญญาณดัง

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 7 คิดเป็น 26.24% หลังทำการปรับปรุงโอกาสในการเกิดปัญหาอยู่ที่ระดับ 5 เป็น 15.44% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหาเนื่องจากก่อนทำการปรับปรุงนั้นความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 5 เนื่องจากใช้บันทึกเป็นเครื่องมือในการควบคุม หลังจากการปรับปรุงสาเหตุของปัญหานี้ได้จัดทำสัญญาณแจ้งเตือนกรณีเครื่องหยุดทำงาน พบว่าความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 2 เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 280 เป็น 60

ใบตรวจสอบระหว่างใช้งาน / บำรุงรักษาเครื่องมือทดสอบ (Weekly Checking)	
ชื่อเครื่องมือ : Salt spray	รหัสเครื่องมือ : _____
วันที่ : _____	ฝ่าย : _____
รายการ	หมายเหตุ
<input type="checkbox"/> ทำความสะอาด Filter	_____
<input type="checkbox"/> เปลี่ยน Filter	_____

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
จนท. ห้องปฏิบัติการ	นักเคมี

ใบตรวจสอบระหว่างใช้งาน / บำรุงรักษาเครื่องมือทดสอบ (Monthly Checking)	
ชื่อเครื่องมือ : Salt spray	รหัสเครื่องมือ : _____
วันที่ : _____	ฝ่าย : _____
รายการ	หมายเหตุ
<input type="checkbox"/> ทำความสะอาดถังเก็บน้ำเกลือ	_____
<input type="checkbox"/> ทำความสะอาดภายในเครื่อง SST ของน้ำเกลือ	_____

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
จนท. ห้องปฏิบัติการ	นักเคมี

ใบตรวจสอบระหว่างใช้งาน / บำรุงรักษาเครื่องมือทดสอบ (Three months Checking)	
ชื่อเครื่องมือ : Salt spray	รหัสเครื่องมือ : _____
วันที่ : _____	ฝ่าย : _____
รายการ	หมายเหตุ
[] เปลี่ยน/ทำความสะอาดสายยางซิลิโคน สำหรับ peristatic pump	_____
[] เปลี่ยน/ทำความสะอาดสายยางซิลิโคน ของน้ำเกลือ	_____
_____	_____
_____	_____
ลงชื่อ..... จนท. ห้องปฏิบัติการ	ลงชื่อ..... นักเคมี

กรณีเครื่องขัดข้องใช้งานไม่ได้หรืออยู่ในสภาวะผิดปกติ ทางห้องปฏิบัติการได้เพิ่มการจัดทำคู่มือในการแก้ไขปัญหาของเครื่อง SST โดยทำการรวบรวมปัญหาที่เคยเกิดขึ้นในอดีตแล้วนำมากำหนดเป็นคู่มือในการแก้ไขปัญหาเพื่อไม่ให้หยุดเครื่องทดสอบเป็นเวลานาน โดยจะเก็บคู่มือไว้บริเวณที่ปฏิบัติงาน

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 4 คิดเป็น 13.81% หลังทำการปรับปรุงโอกาสในการเกิดปัญหาลดลงอยู่ที่ระดับ 2 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 4.06% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหา ก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุงความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 5 เท่ากัน เนื่องจากเครื่องมือการควบคุมปัญหาใช้จัดทำ Daily check และแผนการบำรุงรักษาเครื่องมือเหมือนกัน การปรับปรุงของสาเหตุนี้เพิ่มการบำรุงรักษามากขึ้นทำให้สามารถลดโอกาสการเกิดปัญหาได้เพียงอย่างเดียวแต่ไม่ได้เพิ่มความสามารถในการควบคุมปัญหา เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 160 เป็น 80

หัวข้อ 6.3) สภาวะทดสอบไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

เกิดขึ้นจากการที่ไม่ได้ควบคุมการเข้าออกของบุคคลภายนอก ทำให้การปรับเปลี่ยนสภาวะการทดสอบที่เครื่อง SST อาจเกิดขึ้นได้จากผู้ที่มาใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือผิดพลาดจากบทที่ 4 ได้ปรับปรุงการควบคุมการเข้าถึงเครื่องมือทดสอบซึ่งเป็นไปตามตามข้อกำหนดของระบบ ISO/IEC 17025 ซึ่งมีข้อกำหนดที่กล่าวถึงการควบคุมการเข้าออกบริเวณห้องปฏิบัติการทดสอบ โดยกำหนดผู้ที่สามารถเข้าถึงเครื่องมือ และบันทึกการเปิด-ปิดเครื่องมือ และบันทึกการใช้งาน

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 8 คิดเป็น 32.04% หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว โอกาสในการเกิดปัญหาลดลงเป็นระดับ 2 อยู่ที่ 4.87% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหาก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุงความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 5 เท่ากัน เนื่องจากเครื่องมือการควบคุมปัญหาใช้การบันทึกสภาวะ (Daily Check) เช่นเดียวกัน การปรับปรุงของสาเหตุนี้สามารถลดโอกาสการเกิดปัญหาได้แต่ไม่ได้เพิ่มความสามารถในการควบคุมปัญหา เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 320 เป็น 80

หัวข้อ 6.4) การวางแผนทดสอบภายในเครื่องทดสอบ SST

เนื่องจากมาตรฐานการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนกำหนดองศาของมุมของชิ้นงานที่วางอยู่ในเครื่อง SST ประมาณ $15-30^{\circ}$ ในบางกรณีชิ้นงานที่นำมาทดสอบมีขนาดใหญ่จนเกินไป ซึ่งพื้นที่ที่สามารถวางชิ้นงานขนาดใหญ่ให้ได้มุมตามที่กำหนดมีจำนวนจำกัด ซึ่งบางครั้งแผ่นทดสอบในเครื่องค่อนข้างเยอะ และประกอบกับผู้ใช้งานต้องการผลทดสอบด่วน ทำให้ชิ้นงานนั้นไม่ได้วางตามมุมที่กำหนด วิธีการแก้ไขที่ทำได้คือ จัดพื้นที่เพื่อแบ่งประเภทของงานที่จะนำเข้ามาทดสอบ ซึ่งลักษณะงานที่นำเข้ามาทดสอบนั้น ได้แก่ แผ่นทดสอบตามขนาดมาตรฐาน (75x150x1.0 mm), แผ่นทดสอบที่ใหญ่กว่ามาตรฐาน และชิ้นงานทดสอบ ดังนั้นการทดสอบภายในเครื่องทดสอบ SST จะทำการแบ่งพื้นที่ ดังรูป เพื่อลดจำนวนชิ้นงานที่วางไม่ได้มาตรฐาน

พท.วางชิ้นงานขนาดใหญ่	
พท.วางแผ่นทดสอบ	พท.วาง ชิ้นงาน
พท.วางชิ้นงานขนาดใหญ่	

รูปที่ 5.7 แสดงพื้นที่การวางชิ้นงานทดสอบภายในเครื่องทดสอบ SST

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 3 คิดเป็น 8.5% หลังทำการปรับปรุง โอกาสในการเกิดลดลงเป็นระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของโอกาสในการเกิดเท่ากับ 3.33% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหา ก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุงความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 3 เท่ากัน เนื่องจากเครื่องมือการควบคุมปัญหาใช้วิธีการกำหนดวิธีการวางชิ้นงานเช่นเดียวกัน การปรับปรุงของสาเหตุนี้เป็นการจัดพื้นที่การวางชิ้นงานเพื่อลดจำนวนชิ้นงานที่วางทำมุมไม่ได้มาตรฐานจึงทำให้สามารถลดโอกาสการเกิดปัญหาได้เพียงอย่างเดียวแต่ไม่ได้เพิ่มความสามารถในการควบคุมปัญหา เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 72 เป็น 48

หัวข้อ 6.5) สภาพแวดล้อมของเครื่องมือทดสอบไม่ได้ถูกควบคุม

สภาพแวดล้อมภายในเครื่อง SST นั้นจะถูกตั้งค่าอุณหภูมิและปริมาณน้ำเกลือเพื่อทำให้สภาพเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด แต่การไม่ควบคุมการเข้า-ออกห้องปฏิบัติการทดสอบอาจทำให้ผู้ที่ไม่เข้าใจการใช้เครื่องมือที่ถูกต้องไปทำให้สภาวะการทดสอบภายในเครื่องผิดไปจากมาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงได้ทำการกำหนดผู้ที่มีสิทธิในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทดสอบ นอกจากนี้ได้ทำการตรวจสอบสภาวะทดสอบประจำวันและบันทึกลงในแบบบันทึกการตรวจสอบเครื่อง Salt Spray Tester ประจำวัน (Daily Check) เพื่อตรวจสอบสภาวะการทดสอบของเครื่อง หากเกิดสิ่งผิดปกติจะได้แก้ไขและหาที่มาของปัญหาได้โดยไม่กระทบต่อผลการทดสอบ

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 2 คิดเป็น 5.25% หลังทำการปรับปรุง โอกาสในการเกิดลดลงเป็นระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ของโอกาสในการเกิดเท่ากับ 0.81% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหา ก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุง ความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 5 เท่ากัน เนื่องจากเครื่องมือการควบคุมปัญหาใช้วิธีการบันทึกสภาวะแวดล้อมเช่นเดียวกัน การปรับปรุงของสาเหตุนี้ทำการควบคุมอุณหภูมิโดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในห้องจึงทำให้สามารถลดโอกาสการเกิดปัญหาได้เพียงอย่างเดียวแต่ไม่ได้เพิ่มความสามารถในการควบคุมปัญหา เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 80 เป็น 40

หัวข้อ 6.6) เครื่องเสี่ยหยุดใช้งาน

เนื่องจากไม่มีแผนการบำรุงรักษาเครื่องมือทดสอบจึงทำให้เครื่องมือเกิดการชำรุดและเมื่อเครื่องเสี่ยไม่สามารถใช้งานได้ก็ไม่สามารถบ่งชี้สาเหตุที่ทำให้เครื่องเสี่ยได้ ดังนั้นจึงต้องจัดทำแผนการบำรุงรักษาเครื่องมือทดสอบ SST เหมือนกับสาเหตุหัวข้อ 6.2) นอกจากนี้ได้ทำการรวบรวมปัญหาที่เคยเกิดขึ้นมาจัดทำเป็นคู่มือในการแก้ปัญหาเพื่อลดระยะเวลาในการหยุดซ่อมเครื่องเพื่อจะได้ไม่ทำให้ผลการทดสอบผิดพลาด

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 4 คิดเป็น 10.22% หลังทำการปรับปรุงโอกาสในการเกิดลดลงเป็นระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ของโอกาสในการเกิดปัญหาเท่ากับ 5.69% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหาเนื่องจากก่อนทำการปรับปรุงนั้น ความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 5 เนื่องจากใช้การบันทึกการทำการปิดเครื่องเพียงอย่างเดียว ซึ่งหลังจากการปรับปรุงสาเหตุของปัญหานี้ได้ทำจัดทำคู่มือการแก้ไขเครื่องทดสอบ โดยพบว่าความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 3 เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่า ค่า RPN ลดลงจาก 160 เป็น 54

5.5 การควบคุมการทำงานของพนักงานทดสอบ

ปัญหาในหัวข้อที่ 7 เป็นปัญหาหรือปัญหาในการทดสอบที่เกิดจากพนักงาน ซึ่งในบทที่ 4 ได้ใช้แนวทางของ ISO/IEC 17025 ในการปรับปรุงปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจัดทำแผนการฝึกอบรม

และทดสอบความสามารถของกระบวนการวัด จากเทคนิค FMEA พบว่าสาเหตุที่ถูกคัดเลือกให้นำมาทำการปรับปรุงการควบคุม คือ

7.1) พนักงานกำหนดจุดวัดต่างกัน

เมื่อทำการสังเกตขั้นตอนการวัดผลการทดสอบพบว่าสิ่งที่ทำให้พนักงานวัดผลไม่สอดคล้องกันเนื่องจากลักษณะและท่าทางการวัดต่างกัน ดังนั้นจึงต้องกำหนดวิธีการวัดผลการทดสอบให้ชัดเจน ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.8 แสดงท่าทางการวัดผลทดสอบก่อนและหลังทำการปรับปรุง

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการควบคุมแล้วเมื่อเปรียบเทียบระดับของโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการควบคุมปัญหา (Det.) จากตาราง 3.14 และ 3.15 ตามลำดับพบว่า ก่อนทำการปรับปรุง โอกาสของการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 7 คิดเป็น 26.34% หลังทำการปรับปรุงพบว่าโอกาสเกิดปัญหาลดลงเป็นระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ของการเกิดปัญหาเท่ากับ 8% ในส่วนของความสามารถในการควบคุมปัญหาก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุงความสามารถในการควบคุมการเกิดปัญหาอยู่ในระดับ 3 เท่ากัน เนื่องจากเครื่องมือการควบคุมปัญหากำหนดวิธีการวัดชิ้นงานเหมือนกัน การปรับปรุงของสาเหตุนี้เป็นการแก้ไขวิธีการวัดชิ้นงานและเพิ่มเติมในส่วนของท่าทางการวัดชิ้นงานของพนักงานจึงทำให้สามารถลดโอกาสการเกิดปัญหาได้เพียงอย่างเดียวแต่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงวิธีการควบคุมปัญหา เมื่อคำนวณค่า RPN พบว่าค่า RPN ลดลงจาก 84 เป็น 48

จากการปรับปรุงกระบวนการควบคุมขั้นตอนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน จากสาเหตุที่ถูกคัดเลือกให้ดำเนินการแก้ไขนั้น หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงการควบคุมใน

กระบวนการทดสอบพบว่าสาเหตุของปัญหาสามารถควบคุมและตรวจสอบได้เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่า RPN ที่คำนวณได้ลดลง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.3



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการปรับปรุงเพื่อลดปัญหาของกระบวนการทดสอบโดยใช้เทคนิค FMEA

หัวข้อที่	ลักษณะข้อบกพร่อง	สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง	S	O	D	R	การปรับปรุงแก้ไข	ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่อง (หลังปรับปรุง)	S	O	การควบคุมกระบวนการ (หลังปรับปรุง)	D	R
			e	c	e	P			e	c		e	P
			v	c	t	N			v	c		t	N
1	แผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนและหลังการทดสอบ	1.1) สภาวะแวดล้อมของการเก็บแผ่น	4	4	8	128	ปรับปรุงวิธีการเก็บแผ่นและสภาวะในการเก็บแผ่นทดสอบ	ให้ผลการทดสอบหรือผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบผิดพลาด ต้องเตรียมแผ่นซ้ำ	4	3	ทำการตรวจสอบลักษณะแผ่นทดสอบและบันทึก ก่อนทำการทดสอบ	5	60
		1.3) การห่อเก็บชิ้นแผ่นทดสอบและชิ้นงานไม่ดี	4	3	8	96	อบรมการทำงานให้	ให้ผลการทดสอบหรือผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบผิดพลาด ต้องเตรียมแผ่นซ้ำ	4	2	ทำการตรวจสอบลักษณะแผ่นทดสอบ	5	40
3	ความเข้มข้นของน้ำเกลือก่อนทดสอบไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด	3.1) การเตรียมน้ำเกลือซ้ำในแต่ละครั้งเตรียมไม่เท่ากัน	5	5	3	75	จัดทำวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน	ผลการทดสอบโดยใช้เครื่อง SSTคลาดเคลื่อน	5	4	วิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน	3	60
		3.2) พนักงานทำการเตรียมและชั่งสารเคมีไม่ตรงกับวิธีที่กำหนด	5	4	6	120	ทำการอบรมพนักงานและจัดทำวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน	ผลการทดสอบโดยใช้เครื่อง SSTคลาดเคลื่อน	5	3	วิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน	3	45
4	ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่	4.1) สารเคมีไม่ได้	7	4	3	60	จัดทำวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน	การลามของสนิมผิดปกติ	7	3	วิธีการทำงานที่เป็น	3	45
		4.3) อุณหภูมิในการวัดค่า pH ไม่ได้	7	4	5	140	ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องทดสอบ	การลามของสนิมผิดปกติ	7	3	ทำการบันทึกสภาวะอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องทดสอบ	5	105

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการปรับปรุงเพื่อลดปัญหาของกระบวนการทดสอบโดยใช้เทคนิค FMEA

หัวข้อที่	ลักษณะข้อบกพร่อง	สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง	S	O	D	R	การปรับปรุงแก้ไข	ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่อง (หลังปรับปรุง)	S	O	การควบคุมกระบวนการ (หลังปรับปรุง)	D	R
			e	e	e	P			e	e		e	P
			v	c	t	N			v	c		t	N
6	ผลการทดสอบด้วยเครื่อง SST	6.1) เครื่อง SST ทำงานไม่ต่อเนื่อง	8	7	5	280	จัดทำสัญญาจ้างเดือนและจัดทำแผนบำรุงรักษา	สภาวะการทดสอบไม่ได้มาตรฐาน	8	5	ทำสัญญาจ้างเดือนและแผนภูมิควบคุมการทำงาน	2	40
		6.2) เครื่องทำงานผิดปกติหรืออยู่ในสภาวะไม่พร้อมใช้งาน	4	5	160	เพิ่มการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเป็นรายสัปดาห์รายเดือน และราย 3 เดือน	สภาวะการทดสอบไม่ได้มาตรฐาน	8	2	จัดทำ Daily check และแผนการซ่อมบำรุง	5	80	
		6.3) สภาวะทดสอบไม่ได้	8	5	320	จัดทำกฎระเบียบในการควบคุมการเข้าถึงเครื่อง SST	สภาวะการทดสอบไม่ได้	8	2	จัดทำบันทึกสภาวะ	5	80	
		6.4) วางชิ้นงานใน	3	3	72	จัดพื้นที่การวางชิ้นงานทดสอบภายในเครื่อง SST	สภาวะการทดสอบไม่ได้	8	2	กำหนดวิธีและพื้นที่วางชิ้นงาน	3	48	
		6.5) สภาพแวดล้อมของเครื่องมือทดสอบไม่ได้ถูกควบคุม	2	5	80	ควบคุมอุณหภูมิและปรับปรุงห้องปฏิบัติการทดสอบ	สภาวะการทดสอบไม่ได้มาตรฐาน	8	1	จัดทำบันทึกสภาวะแวดล้อม	5	40	
		6.6) เครื่อง SST เสียเป็นเวลานาน	4	5	160	จัดทำเอกสารการแก้ไขปัญหาหากเครื่องเกิดขึ้นซ้ำ	สภาวะการทดสอบไม่ได้มาตรฐาน	8	3	จัดทำเอกสารการแก้ไขปัญหาหากเครื่องเกิดขึ้นซ้ำ	3	36	
7	พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด	7.1) พนักงานกำหนดจุดวัดต่างกัน	4	7	3	84	อบรมการทำงานของพนักงานและปรับปรุงการเก็บแผ่น	ต้องทำการวัดสนิมซ้ำ	4	4	จัดทำบันทึกลักษณะของแผ่นทดสอบ	3	48

บทที่ 6

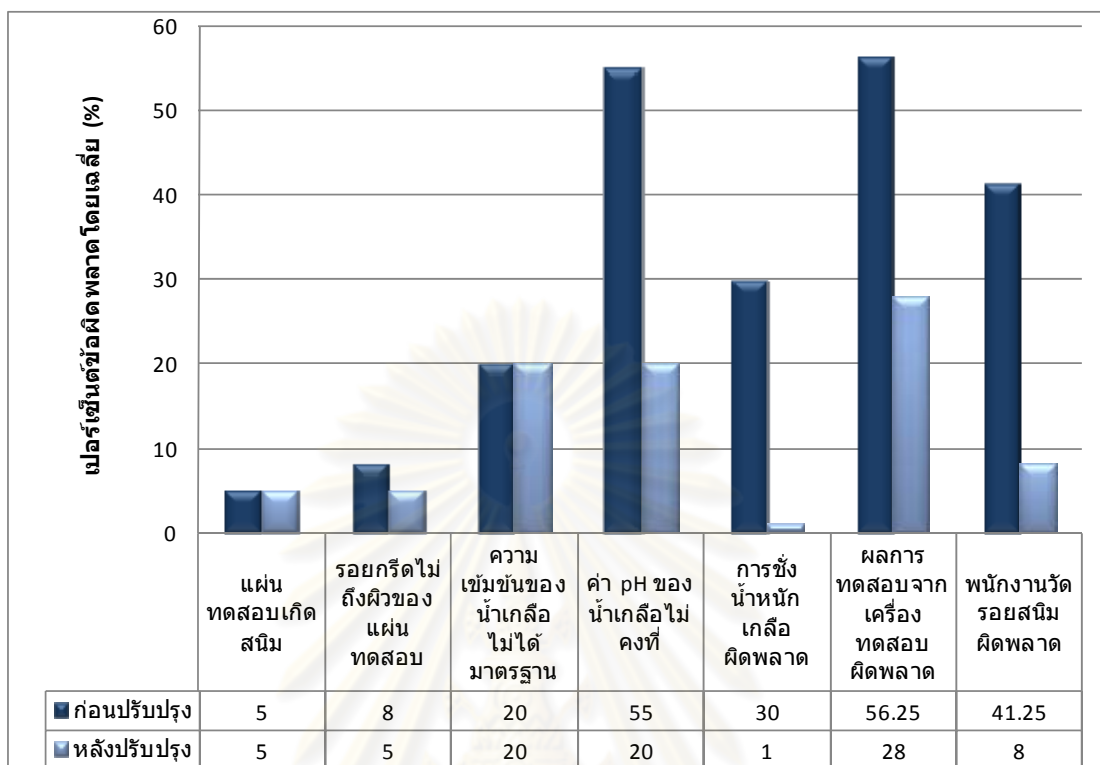
การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการดำเนินงานปรับปรุงแก้ไข

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบระบบการดำเนินการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนตามแนวทางของระบบมาตรฐาน ISO/IEC17025:2005 โดยมุ่งเน้นในส่วนของการปฏิบัติการทดสอบ และทำการปรับปรุงระบบการควบคุมความผิดพลาดของกระบวนการทดสอบ โดยใช้เทคนิค FMEA โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความผิดพลาดของกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน ในส่วนนี้จึงทำการเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังทำการปรับปรุงกระบวนการทดสอบ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ดำเนินการออกแบบกระบวนการทดสอบโดยใช้แนวทาง ISO/IEC 17025 และส่วนของการปรับปรุงระบบควบคุมความผิดพลาดโดยใช้เทคนิค FMEA

6.1 การเปรียบเทียบผลการออกแบบระบบการดำเนินการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

6.1.1 การเปรียบเทียบจำนวนความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการทดสอบก่อนและหลังทำการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนเพื่อลดความผิดพลาดในกระบวนการทดสอบโดยใช้ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 เป็นแนวทางได้ทำการเก็บข้อมูลข้อผิดพลาดหรือปัญหาที่พบในกระบวนการทดสอบเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่าการปรับปรุงกระบวนการทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากจำนวนข้อผิดพลาดหรือปัญหาในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานโดยเฉลี่ยลดลง ความผิดพลาดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นแสดงดังตารางที่ 6.1 ซึ่งพบว่า จำนวนข้อผิดพลาดลดลง ดังนี้ กรณีพิจารณาจำนวนแผ่นทดสอบที่เสียหายลดลงจากเดิมเฉลี่ย 56.25% ลดลงเป็นเฉลี่ย 30.67% และเมื่อพิจารณาจำนวนครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดพบว่าลดลงจาก 55% เป็น 25.2% โดยเฉลี่ย (ภาคผนวก ค) โดยสามารถแยกความผิดพลาดตามสาเหตุของปัญหาดังนี้



รูปที่ 6.1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการทดสอบก่อนและหลังทำการปรับปรุง

6.1.2 การเปรียบเทียบผลการออกแบบกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนโดยใช้ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

จากการนำแนวทางของระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน โดยมุ่งเน้นในส่วนของ การปฏิบัติการทดสอบพบว่าสามารถเพิ่มมาตรฐานในกระบวนการทดสอบ และสามารถลดความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานได้เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบก่อนทำการปรับปรุง โดยเมื่อนำผลการปรับปรุงกระบวนการทดสอบก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุงมาเปรียบเทียบกัน สามารถสรุปผลการดำเนินการได้ดังนี้

6.1.2.1 การจัดซื้อสินค้า สารเคมีและวัสดุสิ้นเปลือง

มีขั้นตอนการจัดซื้อสารเคมีและวัสดุสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนที่แตกต่างจากขั้นตอนการจัดซื้อสินค้าอื่นๆ เนื่องจากการจัดซื้อสารเคมี

และวัสดุสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบนั้น ทางห้องปฏิบัติการได้กำหนดให้ตรวจสอบ ส่วนประกอบของสารเคมีหรือข้อกำหนดของวัสดุนั้นๆ ให้เป็นไปตามที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดก่อนทำการจัดซื้อ เนื่องจากในกระบวนการจัดซื้อโดยทั่วไป ไม่ได้ตรวจสอบ ส่วนประกอบของสารเคมีแต่จะเน้นในด้านราคาเป็นหลัก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพ ของสารเคมีและวัสดุที่นำมาใช้งาน นอกจากนี้แล้วยังเพิ่มเติมในส่วนของการติดป้าย แสดงสถานะของสารเคมีก่อนการรับเข้ามาใช้งาน ทำให้สามารถชี้บ่งถึงสถานะของ สารเคมีได้

6.1.2.2 การดำเนินงานด้านบุคลากร

จัดทำแผนการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถของพนักงาน โดย ปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานในส่วนที่ยังมีข้อผิดพลาดอยู่มาก ได้แก่ ในส่วนของ การวิเคราะห์ผลการทดสอบ ซึ่งตรงส่วนนี้ได้ดำเนินการจัดทำทดสอบความสามารถ และทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบความสามารถของพนักงานโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ ระบบวัด ซึ่งนำมาคำนวณ Gage Repeatability & Reproducibility (GR&R Study) ก่อน ทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุง พบว่าจากรูปที่ 4.5 เป็นรูปแสดงผลการคำนวณ GR&R ก่อนทำการปรับปรุง จากกราฟ R Chart มีจุดที่ออกนอกเส้นควบคุม 1 จุด แสดง ว่าความแตกต่างของค่าที่วัดได้ในช่วงนั้นแตกต่างกันมาก และเมื่อวิเคราะห์ถึงแนวโน้ม ของเส้นกราฟ พบว่า ความสามารถในการแยกความแตกต่างในการวัดแต่ละจุดไม่ดี ดังนั้นจึงไปพิจารณาค่า Number of Distinct Category (ndc) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3 โดยค่า ndc จะบอกถึงความสามารถในการแยกความแตกต่าง (Resolution) ของระบบวัดหรือ ความละเอียดของการวัดที่สามารถวิเคราะห์ได้ ถ้า ndc น้อยกว่า 5 แสดงว่าระบบการวัด ยังไม่สามารถแยกความแตกต่างของการวัดแต่ละจุดได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณ ค่า GR&R หลังทำการปรับปรุง จากรูป 4.6 พบว่าจากรูป R Chart ไม่พบจุดที่ออกนอก เส้นควบคุมและลักษณะการกระจายของข้อมูลในกราฟมีความสม่ำเสมอ แสดงว่า ระบบวัดสามารถแยกความแตกต่างและมีความสม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาค่า ndc เท่ากับ 10 พบว่ามีความสามารถแยกความแตกต่างของข้อมูลได้ดีและอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ และ

จากข้อมูล %SV หรือ Percent Standard Deviation พบว่า ค่าความผันแปรที่เกิดจากระบบการทดสอบ เท่ากับ 99.09% ส่วนค่าความผันแปรที่เกิดจากระบบวัดเท่ากับ 13.5% ซึ่งตามหลักการของ AIAG Second Edition ระบุว่าค่า %SV ที่เกิดจากความผันแปรจากระบบวัดอยู่ในช่วง 10-30% ถือว่ายอมรับได้ ดังนั้น ความสามารถของระบบวัดนี้ถือว่ายอมรับได้ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าหลังทำการออกแบบการปฏิบัติงานด้านบุคลากรใหม่แล้ว ส่งผลทำให้การปฏิบัติงานของบุคลากรดีขึ้น นอกจากนี้ทางห้องปฏิบัติการได้จัดทำประวัติการฝึกอบรมของพนักงานเพื่อตรวจสอบระดับความสามารถของพนักงานได้

6.1.2.3 การปรับปรุงสถานที่และสภาวะแวดล้อม

ห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนได้จัดแผนผังของห้องปฏิบัติการใหม่ เพื่อแยกการทดสอบและสารเคมีที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบ ออกจากพื้นที่ทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน และควบคุมการเข้า-ออกของผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกัห้องปฏิบัติการ เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องมือทดสอบให้ทำงานตามสภาวะที่กำหนดและทำงานต่อเนื่อง ซึ่งพบว่าพื้นที่เตรียมสารเคมีและแผ่นทดสอบเป็นระเบียบมากขึ้น และการหยุดเครื่องระหว่างทดสอบลดลงจากเดิมเฉลี่ยวันละ 4 ครั้ง ลดลงเป็นเฉลี่ยวันละ 2.33 ครั้ง ถือว่าลดลง 41.75%

6.1.2.4 วิธีการทดสอบ และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี

ห้องปฏิบัติการทดสอบได้ปรับปรุงวิธีการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน และจัดทำเป็นคู่มือปฏิบัติงานจัดเก็บไว้ที่จุดปฏิบัติงาน เพื่อสื่อสารให้พนักงานเข้าใจและปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากห้องปฏิบัติการทดสอบดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน JIS K 5400 9.1 หรือ ASTM B 117 กำหนดไว้ และเพิ่มเติมในส่วนของการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการทดสอบเพิ่มการตรวจสอบการทำงานของเครื่อง SST ประจำวัน (Daily Check) เพื่อตรวจสอบว่าการทำงานของเครื่อง SST ยังคงเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด นอกจากนี้แล้วได้นำแผนภูมิควบคุม X-MR Chart มาประยุกต์ใช้กับการควบคุมค่า pH ของน้ำกลั่น

ใน Collected Water และปริมาณน้ำที่เก็บใน collector ผลที่อ่านได้จากกราฟ ดังรูปที่ 4.10 ในบทที่ 4 พบว่าในส่วนของ ค่า pH ของน้ำกลีใน Collected Water ก่อนทำการปรับปรุง ยังคงมีจุดที่ออกนอกเส้นควบคุม แต่หลังปรับปรุงไม่มีจุดที่ออกนอกเส้นควบคุม ในส่วนของแผนภูมิ X-MR Chart ของปริมาณน้ำที่เก็บใน collector ดังรูปที่ 4.11 ในบทที่ 4 พบว่าก่อนทำการปรับปรุงปริมาณน้ำทางด้านซ้ายและขวาต่างกันอย่างเห็นได้ชัด หลังจากทำการปรับปรุงโดยการบำรุงรักษาเครื่องและตรวจสอบการทำงานของเครื่องเป็นประจำสามารถแก้ปัญหาปริมาณน้ำทางด้านซ้ายและขวาที่ไม่เท่ากันได้

6.1.2.5 การประกันคุณภาพผลการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

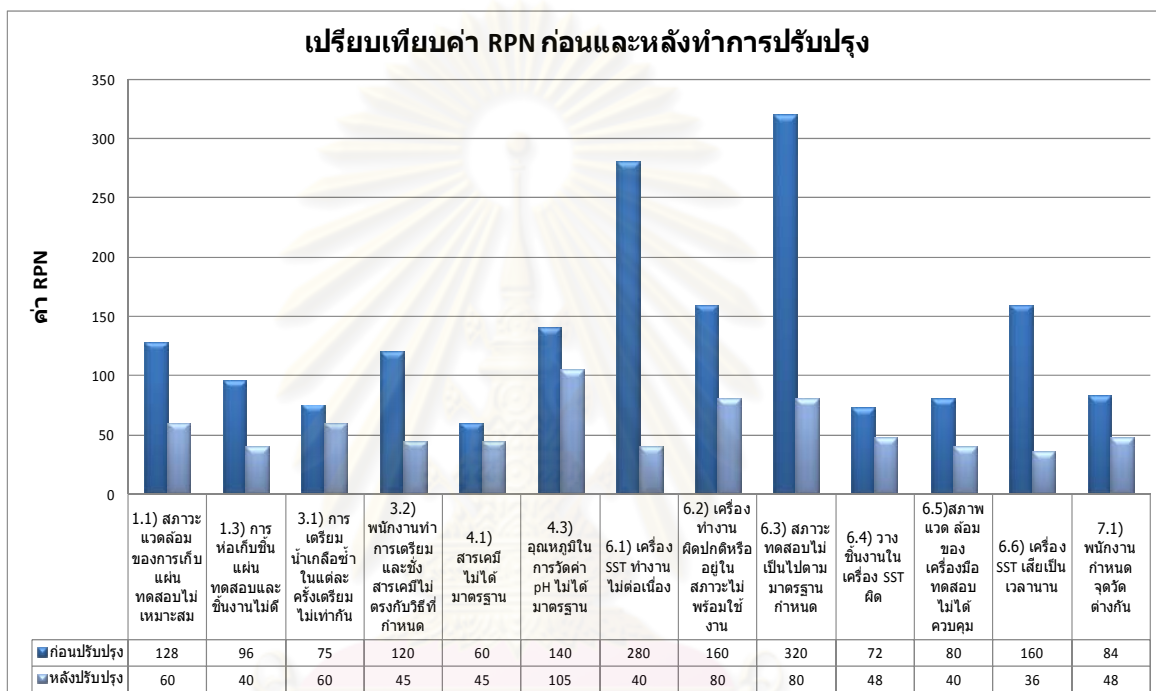
ห้องปฏิบัติการได้เพิ่มการจัดทำวิธีการประกันคุณภาพเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในคุณภาพของกระบวนการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งเป็นการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการและการประกันคุณภาพโดยการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ ซึ่งหลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการทดสอบตามแนวทางของระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 พบว่าผลการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ โดยปฏิบัติตามวิธีการในบทที่ 4 พบว่าเมื่อนำผลการทดสอบมาทดสอบ Hypothesis test ระหว่างข้อมูลชุดที่ 1 และ 2 ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า P-value ที่คำนวณได้ เท่ากับ 0.693 หมายถึงข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2 ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผลการทดสอบของเครื่อง SST ในแต่ละครั้งให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าการปรับปรุงกระบวนการทดสอบสามารถแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของผลการทดสอบของเครื่อง SST ได้

นอกจากนี้ ห้องปฏิบัติการทดสอบได้ทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยใช้ ANOVA Test ซึ่งใช้โปรแกรม Minitab ในการคำนวณ พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความแตกต่างของผลการวิเคราะห์การลามของสนิมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยค่า P-Value เท่ากับ 0.88

6.2 การเปรียบเทียบผลการปรับปรุงระบบควบคุมความผิดพลาดโดยใช้เทคนิค FMEA

จากการปรับปรุงระบบควบคุมความผิดพลาดในกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการ

กัณฑ์ก่อนในบทที่ 5 ตามสาเหตุของปัญหาที่ถูกคัดเลือกมาทำการปรับปรุงนั้น เมื่อพิจารณาโอกาสในการเกิดปัญหา (Occ.) และความสามารถในการตรวจจับปัญหา (Det.) และการคำนวณค่า RPN หลังจากทำการปรับปรุงพบว่าระดับคะแนนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทำการปรับปรุง โดยสามารถเปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังทำการปรับปรุงได้ดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังทำการปรับปรุง

จากกราฟสามารถสรุปผลการปรับปรุงระบบควบคุมกระบวนการทดสอบโดยเปรียบเทียบผลการปรับปรุงก่อนและหลังทำการทดสอบเรียงลำดับหัวข้อของปัญหาที่ถูกคัดเลือกให้ทำการปรับปรุง ดังนี้

1. การควบคุมแผ่นทดสอบ

สาเหตุหัวข้อ 1.1) สภาวะแวดล้อมของการเก็บแผ่นทดสอบไม่เหมาะสม

โอกาสในการเกิดปัญหาลดลงจากระดับ 4 เป็นระดับ 3 ความสามารถในการตรวจจับปัญหาลดลงจากระดับ 8 เป็นระดับ 5 ค่า RPN ลดลงจาก 128 เป็น 60

สาเหตุหัวข้อ 1.3) การห่อเก็บชิ้นงานทดสอบไม่ดี

โอกาสในการเกิดปัญหาดลดลงจากระดับ 3 เป็นระดับ 2 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาดลดลงจากระดับ 8 เป็นระดับ 5 ค่า RPN ลดลงจาก 96 เป็น 40

2. การควบคุมสารเคมีที่ใช้ทดสอบ

สาเหตุหัวข้อ 3.1) การเตรียมน้ำเกลือซ้ำแต่ละครั้งไม่เท่ากัน

โอกาสในการเกิดปัญหาดลดลงจากระดับ 5 เป็นระดับ 4 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาอยู่ที่ระดับ 3 เท่าเดิม ค่า RPN ลดลงจาก 75 เป็น 60

สาเหตุหัวข้อ 3.2) พนักงานเตรียมสารเคมีไม่ตรงกับวิธีที่กำหนด

โอกาสในการเกิดปัญหาดลดลงจากระดับ 4 เป็นระดับ 3 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาดลดลงจากระดับ 6 เป็นระดับ 3 ค่า RPN ลดลงจาก 120 เป็น 45

3. การควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในห้องทดสอบ

สาเหตุหัวข้อ 4.1) สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน

โอกาสในการเกิดปัญหาดลดลงจากระดับ 4 เป็นระดับ 3 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาอยู่ที่ระดับ 5 คงเดิม ค่า RPN ลดลงจาก 60 เป็น 45

สาเหตุหัวข้อ 4.3) อุณหภูมิในการวัดค่า pH ไม่ได้มาตรฐาน

โอกาสในการเกิดปัญหาดลดลงจากระดับ 4 เป็นระดับ 3 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาอยู่ที่ระดับ 5 คงเดิม ค่า RPN ลดลงจาก 100 เป็น 75

4. การควบคุมกระบวนการทดสอบในเครื่อง SST

สาเหตุหัวข้อ 6.1) เครื่อง SST ทำงานไม่ต่อเนื่อง

โอกาสในการเกิดปัญหาลดลงจากระดับ 7 เป็นระดับ 5 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาลดลงจากระดับ 5 เป็นระดับ 2 ค่า RPN ลดลงจาก 280 เป็น 60

สาเหตุหัวข้อ 6.2) เครื่องทำงานผิดปกติ

โอกาสในการเกิดปัญหาลดลงจากระดับ 4 เป็นระดับ 2 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาอยู่ที่ระดับ 5 คงเดิม ค่า RPN ลดลงจาก 160 เป็น 80

สาเหตุหัวข้อ 6.3) สภาวะทดสอบไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

โอกาสในการเกิดปัญหาลดลงจากระดับ 8 เป็นระดับ 2 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาอยู่ที่ระดับ 5 คงเดิม ค่า RPN ลดลงจาก 320 เป็น 80

สาเหตุหัวข้อ 6.4) การวางแผนทดสอบภายในเครื่องทดสอบ SST

โอกาสในการเกิดปัญหาลดลงจากระดับ 3 เป็นระดับ 2 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาอยู่ที่ระดับ 2 คงเดิม ค่า RPN ลดลงจาก 72 เป็น 48

สาเหตุหัวข้อ 6.5) สภาพแวดล้อมของเครื่องมือทดสอบไม่ได้ถูกควบคุม

โอกาสในการเกิดปัญหาลดลงจากระดับ 2 เป็นระดับ 1 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาอยู่ที่ระดับ 5 คงเดิม ค่า RPN ลดลงจาก 80 เป็น 40

สาเหตุหัวข้อ 6.6) เครื่องเสียหายดีใช้งาน

โอกาสในการเกิดปัญหาลดลงจากระดับ 4 เป็นระดับ 3 ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาลดลงจากระดับ 5 เป็นระดับ 3 ค่า RPN ลดลงจาก 160 เป็น 54

สาเหตุหัวข้อ 7.1) พนักงานกำหนดจุดวัดต่างกัน

โอกาสในการเกิดปัญหาลดลงจากระดับ 7 เป็นระดับ ๓ ความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหาอยู่ที่ระดับ 3 คงเดิม ค่า RPN ลดลงจาก 84 เป็น 48

หลังจากการปรับปรุงวิธีการควบคุมกระบวนการทดสอบพบว่าค่า RPN หลังจากการปรับปรุงลดลง โดยสามารถคำนวณหาค่า RPN ที่ลดลงโดยเฉลี่ยและสามารถสรุปได้ดังตาราง ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงค่า RPN ที่ลดลงหลังจากการปรับปรุงในแต่ละสาเหตุของปัญหา

หัวข้อของสาเหตุของปัญหา	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ค่า RPN ที่ลดลง
1.1) สภาวะแวดล้อมของการเก็บแผ่นทดสอบไม่เหมาะสม	128	60	68
1.3) การห่อเก็บชิ้นแผ่นทดสอบและชิ้นงานไม่ดี	96	40	56
3.1) การเตรียมน้ำเกลือซ้ำในแต่ละครั้งเตรียมไม่เท่ากัน	75	60	15
3.2) พนักงานทำการเตรียมและชั่งสารเคมีไม่ตรงกับวิธีที่กำหนด	120	45	75
4.1) สารเคมีไม่ได้มาตรฐาน	60	45	15
4.3) อุณหภูมิในการวัดค่า pH ไม่ได้มาตรฐาน	140	105	35
6.1) เครื่อง SST ทำงานไม่ต่อเนื่อง	280	40	240
6.2) เครื่องทำงานผิดปกติหรืออยู่ในสภาวะไม่พร้อมใช้งาน	160	80	80
6.3) สภาวะทดสอบไม่เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด	320	80	240
6.4) วางชิ้นงานในเครื่อง SST ผิด	72	48	24
6.5) สภาพแวดล้อมของเครื่องมือทดสอบไม่ได้ถูกควบคุม	80	40	40
6.6) เครื่อง SST เสียเป็นเวลานาน	160	36	124
7.1) พนักงานกำหนดจุดวัดต่างกัน	84	48	36
ผลรวมค่า RPN ที่ลดลง			1048.00
เปอร์เซ็นต์ของค่า RPN ที่ลดลง (%)			59.04

บทที่ 7

สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานในงานวิจัยนี้ เพื่อลดข้อผิดพลาดของการทดสอบโดยใช้ข้อกำหนดทั่วไปตามมาตรฐานการจัดการคุณภาพของห้องปฏิบัติการในการดำเนินการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ ISO/IEC 17025 เป็นแนวทางโดยมุ่งเน้นในส่วนของการปฏิบัติการทดสอบตามกระบวนการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนที่กำหนดไว้ เมื่อดำเนินการปรับปรุงคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการจัดทำและปรับปรุงระบบควบคุมความผิดพลาดของกระบวนการทดสอบโดยใช้เทคนิค FMEA

เนื่องจากในอดีต ห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนนี้ไม่มีการจัดการด้านคุณภาพของกระบวนการทดสอบ จึงส่งผลให้ผลการทดสอบมีความผิดพลาดค่อนข้างสูง และยังไม่เคยจัดทำระบบการควบคุมความผิดพลาดของการทดสอบในห้องปฏิบัติการแต่อย่างใด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้แบ่งการปรับปรุงห้องปฏิบัติการออกเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบระบบคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อลดข้อผิดพลาดในกระบวนการทดสอบโดยใช้ข้อกำหนดทั่วไปตามมาตรฐานการจัดการคุณภาพของห้องปฏิบัติการในการดำเนินการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ ISO/IEC 17025 เป็นแนวทาง และอีกส่วนหนึ่งก็คือการจัดทำระบบควบคุมความผิดพลาดของห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดไม่ให้เกิดขึ้น โดยผลการดำเนินงานในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ ดังนี้

7.1 สรุปผลการดำเนินงานด้านการออกแบบระบบคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน ตามแนวทางของระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025

จากผลการดำเนินงานและผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการปรับปรุง พบว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากกระบวนการทดสอบทั้งหมดลดลงโดยกรณีพิจารณาจำนวนแผ่นทดสอบที่เสียหายลดลงจากเดิม 56.25% ลดลงเป็น 30.67% โดยเฉลี่ย และเมื่อพิจารณาจำนวนครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดพบว่าลดลงจาก 55% เป็น 25.2% โดยเฉลี่ย และในส่วนของจัดการการทดสอบในแต่ละกระบวนการทดสอบพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินการทดสอบทำให้การทดสอบมีคุณภาพและมีการจัดการอย่างเป็นระบบมากขึ้น โดยสามารถปรับปรุงวิธีการทดสอบทำให้การดำเนินการทดสอบเป็นไปอย่างรวดเร็วและการทำงานในแต่ละขั้นตอนสามารถทำงานได้ง่ายมากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นไปตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดไว้ การปรับปรุงกระบวนการทดสอบนี้ยังช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบ

เพิ่มมากขึ้นด้วยการออกแบบวิธีการประกันคุณภาพของผลการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการและการควบคุมสภาวะการทดสอบอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้การนำเอาวิธีทางสถิติมาใช้ในการคำนวณผลการประกันคุณภาพและการใช้แผนภูมิควบคุมทำให้การติดตามข้อมูลสะดวกและเข้าใจง่ายขึ้น

7.2 สรุปผลการจัดทำระบบควบคุมความผิดพลาดของกระบวนการทดสอบโดยใช้เทคนิค FMEA

จากการเปรียบเทียบผลการจัดทำระบบการควบคุมความผิดพลาดของกระบวนการทดสอบ พบว่าค่า RPN ก่อนทำการปรับปรุงตามหัวข้อของสาเหตุของปัญหาที่ถูกคัดเลือกมีค่าอยู่ในช่วง 84-128 เมื่อทำการปรับปรุงระบบควบคุมความผิดพลาดตามหัวข้อของสาเหตุของปัญหาที่ถูกคัดเลือกพบว่า ค่า RPN ลดลงอยู่ในช่วง 40-105 โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่า RPN ที่ลดลงเท่ากับ 59.04% การควบคุมสาเหตุของปัญหาบางสาเหตุได้ใช้แนวทางของระบบ ISO/IEC 17025 มาใช้ร่วมด้วย ซึ่งจากการลดลงของค่า RPN สามารถสรุปได้ว่าระบบการควบคุมความผิดพลาดของกระบวนการทดสอบที่ปรับปรุงแล้วสามารถควบคุมปัญหาหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้เป็นอย่างดี

7.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. เอกสารภายในห้องปฏิบัติการบางส่วนของห้องปฏิบัติการ ยังไม่ได้ถูกจัดทำและวิธีการทดสอบยังไม่ถูกต้อง ทำให้ต้องดำเนินการจัดทำขึ้นใหม่ จึงต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน
2. ไม่มีพนักงานประจำสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน ทำให้การออกแบบและทำการปรับปรุงเป็นไปค่อนข้างช้า
3. เนื่องจากยังไม่มีห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนในประเทศไทยที่ได้รับการรับรองระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 จึงทำให้ส่วนของการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ห้องปฏิบัติการทดสอบของหน่วยงานที่มีความน่าเชื่อถือในด้านการจัดการคุณภาพในห้องปฏิบัติการทดสอบมาใช้เปรียบเทียบ

7.4 ข้อเสนอแนะ

1) หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพของการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนแล้ว พบว่าปัญหาส่วนหนึ่งที่สำคัญคือในส่วนของการบำรุงรักษาเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการทดสอบ เนื่องจากหากเครื่องเกิดการขัดข้องไม่สามารถทำงานได้จะส่งผลกระทบต่อ การทดสอบที่ไม่ต่อเนื่องและผลการทดสอบอาจผิดพลาดได้ ดังนั้นการบำรุงรักษาและการ ตรวจสอบสภาพระหว่างการทดสอบเป็นสิ่งสำคัญ หากเกิดสิ่งผิดปกติควรรีบทำการแก้ไข เนื่องจากการ ทดสอบนี้เป็นการทดสอบทางด้านเคมี ถึงแม้การทดสอบภายในเครื่องหยุดชะงักลง แต่ปฏิกิริยา เคมียังคงเกิดไปเรื่อยๆ และหากเกิดปฏิกิริยาภายในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดจะ ส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบได้

2) ในส่วนของการปรับปรุงการควบคุมข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นกับกระบวนการทดสอบ นั้น พบว่าในการปรับปรุงที่ดำเนินการในงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบระบบที่ทำการตรวจจับ ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นโดยใช้วิธีปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียว ซึ่งถ้าหากจะทำให้ระบบการควบคุม ข้อผิดพลาดมีประสิทธิภาพมากขึ้นควรมีระบบการป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นด้วย เนื่องจากระบบป้องกันข้อผิดพลาดสามารถลดโอกาสในการเกิดข้อผิดพลาดได้มากกว่าระบบ ตรวจจับ

3) เอกสารภายในห้องปฏิบัติการทดสอบค่อนข้างมาก ดังนั้นการควบคุมเอกสารจึงเป็น เรื่องสำคัญ อีกทั้งหากผู้ทดสอบต้องการทวนสอบผลการทดสอบย้อนหลังหากไม่มีการควบคุม เอกสารอาจไม่สามารถหาข้อมูลได้ ดังนั้นจึงต้องทำการควบคุมและจัดเก็บเอกสารอย่างเป็น ระเบียบ ข้อดีของการทำระบบจัดเก็บเอกสารอีกประการหนึ่งก็คือเอกสารที่เป็นข้อมูลของเครื่องมือ เป็นเอกสารที่ช่วยให้ทราบประวัติของเครื่องมือได้ ทำให้หากเกิดปัญหากับเครื่องมือทดสอบ สามารถย้อนดูประวัติการแก้ไขย้อนหลังได้ แต่การจัดเก็บเอกสารต้องระบุระยะเวลาในการจัดเก็บ ด้วย

4) เนื่องจากหลังจากดำเนินการปรับปรุงแล้ว พบว่ายังมีจำนวนข้อผิดพลาดเกิดขึ้นอยู่ เมื่อ พิจารณาสาเหตุของปัญหาพบว่าสาเหตุที่มีข้อผิดพลาดมากที่สุดคือ เครื่องทำงานไม่ต่อเนื่อง ซึ่ง กรณีที่เครื่องทำงานไม่ต่อเนื่องเนื่องมาจากการควบคุมคนเข้าออกห้องปฏิบัติการทำได้ยาก เนื่องจากผู้ที่ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องมือทำงานในช่วง 8.00-17.00 น. นอกเหนือจากเวลาเหล่านี้ ไม่ สามารถควบคุมได้ ดังนั้น จึงควรติดตั้งระบบแจ้งเตือนกรณีมีผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตเข้ามาใช้เครื่อง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. หลักการการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. FMEAการวิเคราะห์โอกาสการขัดข้องและผลกระทบ. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี, (ไทย-ญี่ปุ่น) 2551.

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา. กรุงเทพมหานคร, 2540

ปิยวัฒน์ รัตนสุภา. การจัดมาตรฐานในกระบวนการแต่งตั้งในโรงงานผลิตสีโดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องด้านศักยภาพและผลกระทบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545

ฤทัย บัวชุ่ม. การปรับปรุงการบริหารคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

ศุภย์ทดสอบและมาตรวัดวิทยา ศุภย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ. ความรู้ข้อกำหนดและการจัดทำเอกสารระบบควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2547

สิริวรรณ ชื่นวัฒน์โกวิทย์. การออกแบบระบบควบคุมการทดสอบสมรรถนะการชักของเครื่องชักผ้าแบบใบพัดและใบกวน โดยประยุกต์แนวทาง ISO/IEC 17025:2005, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. มาตรฐาน มอก. 17025 คืออะไร[Online]. แหล่งที่มา http://www.tisi.go.th/lab/pdf/17025_t.pdf (2 กุมภาพันธ์ 2552)

เซาวรัตน์ จันประดับ. การปรับปรุงระบบคุณภาพเชิงเทคนิคสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบโลหะ
วิทยาสำหรับการทดสอบสมบัติทางกลและส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2545

ภาษาอังกฤษ

B.S. Dhillon. Methods for performing human reliability and error analysis in health care,
International Journal of health care quality assurance. 16/6 (2003)

Chrysler LLC. Ford Motor Company, General Motor Corporation, Potential Failure Mode
and Effect Analysis (FMEA) reference manual, Fourth Edition, June 2008

Minitab Inc.. Meet Minitab 15 for window. May 2007, USA

Pierre Masson. Quality control techniques for routine analysis with liquid
chromatography in laboratories, Journal of chromatography A, 1158 (2007)

Tina Engelhard, Etty Feller and Zahava Nizri. A comparison of complimentary and
different issues in ISO/IEC 17025 and OECD GLP. Accreditation and Quality Assurance, Vol.8
2003

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีมาตรฐานที่นำมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบ

1. มาตรฐาน JIS K 5400 หัวข้อ 9.1 จากมาตรฐานที่ใช้เป็นมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งบางบริษัทโดยเฉพาะบริษัทของญี่ปุ่นนิยมใช้มาตรฐานนี้ โดยในห้องปฏิบัติการนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีทดสอบและการเตรียมชิ้นงาน ไม่รวมการวิเคราะห์ผลและการรายงานผลการทดสอบ ซึ่งรายละเอียด ดังต่อไปนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- (b) Suspend a test piece into the gasoline for test by means of a yarn to immerse up to the depth of approximately 120 mm, and leave as it is for a specified time. Unless particularly specified in product Standard, it shall be 4 h.
- (c) Take out the test piece stand in a room and after standing as it is under the general condition for 2 h, examine visually the paint film. However, unless particularly specified, the paint film within approximately 10 mm in width from the periphery of test piece and liquid surface shall not be the object of observation.

Further, the degree of softening shall be compared with the respective original condition test piece by scratching with claws.

- (5) **Evaluation** When crinkling, blistering, cracking, and peeling are not confirmed on paint films of two sheets of test piece, in comparing with the original condition test piece the variation of gloss, discoloration and degree of softening are not remarkable, and further, the coloration and degree of turbidity of liquid are not larger, evaluate that "there is no abnormality, even immersed in gasoline for test".

- (6) **Specified Conditions of Product Standard** The specified conditions of product Standard shall be as follows:

- (a) Classification of test panel
- (b) Coating and drying conditions
- (c) No. of gasoline for test
- (d) Immersing temperature
- (e) Immersing time
- (f) Range of observing object
- (g) Observing items

9. **Test Methods for Long Period Endurance of Film**

9.1 **Salt-Spray Resistance**

- (1) **Summary** Maintain the test piece in a salt spray testing apparatus for a specified time, and examine the condition of generation of rust and blistering, and peeling of film due to salt water.

Remark: As to this result, the correlation with the general rust-preventive effect of paint film cannot be expected.

- (2) **Apparatus and Material** The apparatus and material shall be as follows:

- (a) **Salt-Spray Testing Apparatus** The salt-spray testing apparatus shall be constructed of a salt-spray testing tank provided with the spray apparatus (spray tower type or nozzle type) specified in JIS Z 2371, salt solution for test, test piece holder, sampling device of sprayed liquid, thermostat, etc., the salt-water supply tank, supply device for compressed air, exhaust air apparatus, etc.

The structure of testing apparatus shall be such that the water drops adhering on the internal surface of cover do not fall down on the test piece, and further the solution falling down from the test piece is not used again for test by returning to the salt-water tank.

Further, the internal face of salt spray testing tank shall be made of corrosion proof material so as the fog not to leak to outside of apparatus.

Remark: The internal part of salt spray testing tank is required to be kept so that during operation the grain size of fog of salt water, and concentration distribution are kept in the condition of uniform definite condition.

- (b) **pH Measuring Device** A glass electrode type pH-meter specified in JIS Z 8802.
- (c) **Test Panel** Use a steel panel (150 mm x 70 mm x 0.8 mm), preliminarily coat the rust preventive paint on the back surface and dry.

- (3) **Reagents** Reagents shall be as follows:

- (a) **Sodium Chloride** The sodium chloride of grade 1 specified in JIS K 8150.
- (b) **Deionized Water**
- (c) **Hydrochloric Acid (0.1 mol/l)** Make the hydrochloric acid 10 ml specified in JIS K 8180 I by adding water.
- (d) **Sodium Hydroxide Solution (0.1 mol/l)** Weigh out approximately 4.2 g of sodium hydroxide specified in JIS K 9576 and add water to make 1 l.
- (e) **Bromothymol Blue Solution** Dissolve 0.1 g of Bromothymol Blue specified in JIS K 8842 in mixed solution of ethanol (95) specified in JIS K 8102 and water at volume ratio 1:1 to make 100 ml.

- (4) **Preparation of Test Piece** The preparation of test piece shall be carried out as follows:

- (a) Coat the sample on the single surface of test panel of number of sheets specified in product Standard according to the method specified in the product Standard.
- (b) After dry holding under the same conditions as those of test of 7.1, when specified in product Standard, treat according to the specification.
- (c) Coat with wrapping the periphery of plate with the materials specified in product Standard.

- (d) Next, draw intersecting two diagonal lines so as to reach the substrate of test plate from above the paint film by means of knife edge of cutter knife specified in (2) (b) of 8.5.3, and take it as the test piece.
- (5) Preparation of Salt Water for Test The preparation of salt water for test shall be carried out as follows:
 For the salt water for test, dissolve sodium chloride in water and so prepare that its concentration becomes 5 ± 0.5 w/v % at 35°C. The density of salt water for test shall be in the range of 1.025 to 1.032 at 35°C.
 Further, even though having mixed thoroughly by stirring, when the suspensoids are not extinguished, filter by using a filter paper or the like.
 Further, the pH value of salt water for test, when measured by collecting the liquid sprayed at 35°C, shall be within the range of 6.5 to 7.2. The regulation of this pH shall be carried out according to either one of the following methods.
- (a) Take 100 ml from the whole amount of salt water into a beaker of 250 ml, after gently boiling for approximately 30 s, quickly cool to return to ordinary temperature, add hydrochloric acid (0.1 mol/l) or sodium hydroxide solution (0.1 mol/l) to make pH value 6.5 to 7.2. At the same ratio as the amount of solution used for regulating salt water 100 ml, add hydrochloric acid (0.1 mol/l) or sodium hydroxide solution (0.1 mol/l) to the whole amount of salt water.
- (b) Keep the salt water at 35°C, stand as it is for 48 h, and add hydrochloric acid (0.1 mol/l) or sodium hydroxide solution (0.1 mol/l) to make the pH value 6.5 to 7.2.
- (c) Prepare salt water by using water in which the carbon dioxide is expelled by heating at 35°C or higher, and regulate the pH-value.
- (6) Operation The operation shall be carried out as follows:
- (a) Put a test piece into the inside of salt spray testing tank kept at the conditions of Table 22, and attach to the test piece holding frame with the surface of paint film upward so as to be parallel to the main direction of fog flow and to be $20 \pm 5^\circ$ to the vertical line. At this time, make the distance of front and rear of bottom side of respective test pieces not less than 85 mm.
- (b) After placing the test piece in the salt spray testing tank for the time specified in product Standard, wash the test piece with water and after standing as it is in a room for 2 h, observe visually the paint film. However, unless particularly specified, the part of respective 3 mm at both sides of flaws attached to the paint film and the part within 10 mm of periphery of test piece shall not be made the object of observation.

Table 22: Using Conditions of Salt Spray Apparatus

Temperature in the testing tank	$35 \pm 1^\circ\text{C}$
Relative humidity in the testing tank	99 to 98 %
Temperature of humidifier	$47 \pm 1^\circ\text{C}$
Concentration of salt water (35°C)	5 ± 0.5 w/v %
Pressure of air for spray	0.098 ± 0.002 MPa (1.0 ± 0.025 kgf/cm ²)
Amount of solution obtained by collecting the fog	1.0 to 2.0 ml/h per 80 cm ²
pH-value of solution obtained by collecting the fog ⁽¹⁾	6.5 to 7.2 (33 to 35°C)
Density of solution obtained by collecting the fog	1.022 to 1.036 ⁽²⁾ (35°C)
Water level in salt-water reservoir	Keeping at a definite water level
Water level of humidifier	To be between two marked lines of water level meter.

Notes (1) The measurement of pH-value shall be carried out by collecting the liquid sprayed at 35°C by using a pH meter according to JIS Z 8802. However, as the simple convenient method, a colorimetric method may be applied by using Bromothymol Blue as reagent.

(2) If the specific gravity of solution obtained by collecting the fog at 35°C is 1.022 to 1.036, take that the concentration of spray liquid is within the range of specified concentration.

(7) Evaluation Relating to the specimen of the number of sheets specified in product Standard, evaluate the existence and the degree of rust on paint film and of blistering and peeling of paint film according to the method specified in product Standard.

(8) Specified Conditions of Product Standard The specified conditions of product Standard shall be as follows:

- (a) Material quality and dimensions of test panel
- (b) Coating and drying conditions of sample
- (c) Number of sheets of test piece
- (d) Evaluating items
- (e) Evaluation method
- (f) Range of observation object

2. **มาตรฐาน JIS Z 2371** มาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานการทดสอบของประเทศญี่ปุ่นเช่นกัน โดยมาตรฐานนี้เป็นวิธีการทดสอบโดยละเอียด ซึ่งขยายความมาจากมาตรฐาน JIS K 5400 หัวข้อ 9.1 รายละเอียดมีดังนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

JIS

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD



Translated and Published by
Japanese Standards Association

JIS Z 2371 : 2000

Methods of salt spray testing

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TISI Library
ห้องสมุดมาตรฐาน



S0000331

Thai Industrial Standards Institute : TISI
Rama VI Rd., Rajathevee Bangkok 10400 Tel : 202-3510

ICS 77.060

Descriptors : metals, coatings, corrosion tests, salt-spray tests

Reference number : JIS Z 2371 : 2000 (E)

Z 2371 : 2000

Foreword

This translation has been made based on the original Japanese Industrial Standard revised by the Minister of International Trade and Industry through deliberations at the Japanese Industrial Standards Committee in accordance with the Industrial Standardization Law. Consequently JIS Z 2371:1994 is replaced with JIS Z 2371:2000.

This revision has been prepared based on ISO 9227:1990 *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests* for the purposes of comparison and conformity with the International Standard.

Date of Establishment: 1955-12-16

Date of Revision: 2000-02-20

Date of Public Notice in Official Gazette: 2000-02-21

Investigated by: Japanese Industrial Standards Committee
Divisional Council on Basic Items



JIS Z 2371:2000, First English edition published in 2000-11

Translated and published by: Japanese Standards Association
4-1-24, Akasaka, Minato-ku, Tokyo, 107-8440 JAPAN

In the event of any doubts arising as to the contents,
the original JIS is to be the final authority.

© JSA 2000

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Printed in Japan

Methods of salt spray testing

Introduction This Japanese Industrial Standard has been prepared based on the first edition of **ISO 9227 Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests** published in 1990. However, some items and contents not specified in the corresponding International Standard have been added, and some parts have been rejected because the experimental results of the reference specimens specified have not conformed to the requirements. The main differences are shown as follows:

The rejected part: The evaluation method for reproducibility of testing apparatus

The portions underlined with dots or sidelined in this Standard are the items not specified in the corresponding International Standard.

1 Scope This Japanese Industrial Standard specifies the required apparatus, reagent, technique or acceptance criteria when the corrosion resistance test of metallic materials or of those electroplated or treated with inorganic or organic films by the methods of neutral salt spray test (NSS), acetic acid salt spray test (AASS) or CASS test (CASS).

Remarks: The International Standard corresponding to this Standard is listed as follows.

ISO 9227: 1990 *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests*

2 Normative references The following standards contain provision which, through reference in this Standard, constitute provisions of this Standard, the most recent editions of the standards (including amendments) indicated below shall be applied.

JIS G 3141 *Cold-reduced carbon steel sheets and strip*

Remarks: The provisions cited from **ISO 3574: 1986 Cold-reduced carbon steel sheet of commercial and drawing qualities** are equivalent to the corresponding provisions of the said standard.

JIS K 0557 *Water used for industrial water and wastewater analysis*

JIS K 8145 *Copper (II) chloride dihydrate*

JIS K 8150 *Sodium chloride*

JIS K 8180 *Hydrochloric acid*

JIS K 8355 *Acetic acid*

JIS K 8576 *Sodium hydroxide*

JIS K 8847 *Hexamethylenetetramine*

JIS Z 8802 *Methods for determination of pH of aqueous solutions*



3 Apparatus The apparatus necessary to salt spray testing shall be composed of an atomizing chamber equipped with an atomizer, a testing salt solution reservoir, a specimen support, atomized solution sampling containers, a temperature controller,

Z 2371 : 2000

etc.; a salt water supply tank, a compressed air feeder, an air saturator, an exhaustor, etc., and shall conform to the following requirements:

- a) The atomizer shall have the performance to spray atomized solution uniformly on a specimen from the upper part (refer to Annex 2).
- b) The atomizing chamber shall be not less than 0.2 m³ in volume. Its shape and dimensions may be optional.
- c) The ceiling or cover of the atomizing chamber shall be so constructed that no drops of solution adhering to its inner surface fall on a specimen.
- d) Corrosive materials shall not be used for the apparatus.
- e) The apparatus shall be so constructed that the temperature and atomization in the atomizing chamber are not influenced by the open air and the solution fallen from the specimen is not reused for the testing.
- f) The specimen support shall be capable of keeping the specimen at a specific angle ⁽¹⁾.

Note ⁽¹⁾ The materials of specimen supports shall be glass, rubber, plastics, or suitably coated wood, and the specimen should preferably be supported from the underside of the bottom or the side face. The specimen may be hung by a glass hook or a vinyl string, provided it is kept in a specific position. If necessary, the specimen is supported from the bottom.

- g) The atomized solution sampling container shall be a clean container of 100 mm in diameter in sampling surface and 80 cm² in horizontal sampling area, and the containers shall be placed at not less than two positions so as to ensure the uniformity of atomization, for example, near the specimens, and one close to the atomizer and one remote from.
- h) The exhaustor shall not be influenced by the wind pressure of the open air.
- i) The maintenance and control of the apparatus shall always be correctly carried out to meet the specified requirements.

4 Specimen The dimensions and shape of the specimen should preferably be a flat sheet of 70 mm × 150 mm × 1.0 mm or 60 mm × 80 mm × 1.0 mm. However, other dimensions or member may be used subject to the agreement between the parties concerned with delivery.

Informative reference: For the specimen of different metal possible to be mutually influenced, the test should not carried out at the same time.

5 Preparation of specimen The specimen shall be free from stains or flaws. The preparation of the specimen shall be as follows:

- a) The section of the specimen shall be protected by a stable covering material under test conditions, as required ⁽²⁾.

Note ⁽²⁾ The covering material includes a tape, paint, paraffin, etc.

- b) Metallic and metallic coated specimens shall be suitably cleaned beforehand. Cleaning shall be carried out by an appropriate method according to the nature of surface and the contaminants. Abrasives other than pasty precipitated calcium carbonate, aluminium oxide and magnesium oxide, or detergents causing a corrosive or protective coating shall not be applied.

Z 2371 : 2000

The specimen, after cleaning, shall be protected from contamination.

- c) The specimen coated with paint and non-metallic coatings shall not be, prior to test, subjected to cleaning or other treatments. However, the adhering matter inconvenient to test may be removed. Further, when it is required to measure the development of corrosion from an abraded area, the coating shall be scratched in order to expose the underlying metal prior to the test. The method for scratching shall be subject to an agreement between the parties concerned with delivery.

The following method is an example:

Example: After coating about 5 mm of the periphery of a specimen for protection, scratch the specimen with shaped like x at 1/2 to 1/3 of the bottom on the long side. The flaw shall have a depth reaching the underlying metal surface, and the size of the incision should preferably be constant. The type of the cutting tool should preferably be a cutter knife, a razor blade, etc.

6 Angle and position of specimens during testing The angle and position of the specimens in the atomizing chamber during testing shall conform to the following conditions (refer to Annex 3):

- a) The angle of the specimens shall be $20^\circ \pm 5^\circ$ to the vertical line. In the case of a member, it shall be placed with its significant surface at $20^\circ \pm 5^\circ$ to the vertical line.

Other angles may be employed subject to the agreement between the parties concerned with delivery.

The surfaces of the specimens shall be exposed to the motion of free atomization, and shall be placed in the atomizing chamber not to intersect the stream of spray from the atomizing nozzle at right angles.

- b) The specimens shall contact with nothing other than the support.
 c) Each specimen shall be so positioned and spaced as not to interfere with the free falling of the spray.
 d) The salt solution dripping from one specimen shall not fall on other specimens.

7 Salt solution for testing

7.1 Preparation method of salt solution for testing The preparation method of salt solution shall be as follows:

- a) **Salt** The salt shall be the sodium chloride of special grade specified in **JIS K 8150** or equal to or higher grade⁽³⁾.

Note ⁽³⁾ The equal to or higher grade means that copper content shall be less than 0.01 g/kg and nickel content shall be less than 0.01 g/kg when sodium chloride is measured by the means of atomic absorption spectrometry or other analytical method with the same accuracy. Furthermore, the content of sodium iodide shall not exceed 1.0 g/kg or the total amount of impurities as converted to dry salt shall not exceed 5.0 g/kg.

- b) **Water** The water shall be the deionized water or distilled water not more than 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in electric conductivity at $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

Z 2371 : 2000

It is recommended that the electric conductivity ought to be not more than 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

- c) **Preparation method** Dissolve the salt in a) in the water in b), and adjust the salt concentration to $50 \text{ g/l} \pm 5 \text{ g/l}$. As to the adjusted result, measure the density using a hydrometer, and confirm that it is within the range of 1.029 to 1.036 at $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

If it is found to be outside this range, adjust the solution again.

7.2 pH control

7.2.1 Neutral salt spray test The salt solution for testing shall be free from suspended substance⁽⁴⁾ before atomization and the atomized solution sampled at spraying shall be within the range of 6.5 to 7.2 in pH⁽⁵⁾.

In regulating pH, 0.1 mol/l solution of the sodium hydroxide specified in **JIS K 8576** or hydrochloric acid specified in **JIS K 8180** shall be used, as required.

The measurement of pH shall be carried out at $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ in accordance with **JIS Z 8802**.

In routine checks, the pH may be examined with a pH test paper readable to the place of 0.3.

Notes ⁽⁴⁾ If suspended substance does not disappear by sufficient mixing, the solution filtered through filter paper or the like is used.

⁽⁵⁾ The following methods can be used in order that the pH of atomized solution sampled, during atomization of salt solution for testing at $35 \text{ }^\circ\text{C}$, is within the range of 6.5 to 7.2.

- a) When the pH of salt solution is regulated at a room temperature and the solution is sprayed at $35 \text{ }^\circ\text{C}$, pH of the sampled solution generally becomes higher than that of the original due to the volatilization of carbon dioxide dissolved in the solution. Therefore, when the pH of salt solution is regulated at $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, it is kept at about 6.5 level.
- b) After boiling quietly for about 30 s, the salt solution is cooled to $25 \text{ }^\circ\text{C}$, or after keeping at $35 \text{ }^\circ\text{C}$ for 48 h, the pH is regulated.
- c) Salt solution is prepared by using the water in which carbon dioxide is not contained by heating at $35 \text{ }^\circ\text{C}$ or higher (Remarks 4 in 4 of **JIS K 0557**) and then the pH is regulated.

7.2.2 Acetic acid salt spray test The salt solution for testing shall be free from suspended substance⁽⁴⁾ before atomization and the acetic acid specified in **JIS K 8355** shall be sufficiently added so that the atomized solution sampled at spraying is within the range of 3.1 to 3.3 in pH. The pH of salt solution should be regulated at 3.0 to 3.1 at first for the purpose of making the pH of sampled solution fall under the specified range.

The measurement of pH shall be carried out at $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ in accordance with **JIS Z 8802** and corrected appropriately by adding the acetic acid specified in **JIS K 8355** or sodium hydroxide specified in **JIS K 8576**, as required.

In routine checks, the pH may be examined with a pH test paper readable to the place of 0.1.

Z 2371 : 2000

Remarks: For acetic acid and sodium hydroxide, it is recommended that 0.1 mol/l solution ought to be used.

7.2.3 CASS test Add $0.205 \text{ g} \pm 0.015 \text{ g}$ of copper (II) chloride ($0.26 \text{ g} \pm 0.02 \text{ g}$ of copper (II) chloride dihydrate specified in **JIS K 8145**) per 1 l of the salt solution for testing. Next, regulate the pH in accordance with the method specified in **7.2.2**.

8 Supplied air The compressed air to be supplied to the nozzle for atomizing salt solution shall be free from oil and dust, and its pressure shall be kept at 0.07 MPa to 0.17 MPa.

It is recommended that it ought to be kept at $0.098 \text{ Mpa} \pm 0.010 \text{ MPa}$.

9 Conditions in atomizing chamber The conditions in atomizing chamber shall be as follows:

- a) **Temperature** The temperature around the specimen holder in the atomizing chamber shall be kept at $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ for the neutral and acetic acid salt spray test, and at $50 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ for the CASS test. The measuring position of temperature shall be at least 100 mm apart from the wall.
- b) **Temperature and water level of salt solution reservoir for testing** The temperature of the salt solution reservoir for testing shall be kept at $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ for the neutral and acetic acid salt spray test and at $50 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ for the CASS test. The water level of the salt solution reservoir for testing shall be kept at constant level.
- c) **Spray** The sprayed particles shall, as a rule, fall free, and be baffled from impinging directly on a specimen by facing the atomizing nozzle to the direction where the specimen is clear of the direct spray.
- d) **Atomization sampling solution** After an operation of consecutive 24 h under a state where the inside of the atomizing chamber is filled up with specimens of specified dimensions and shape, the sampling amount of atomized solution collected shall average $1.5 \text{ ml} \pm 0.5 \text{ ml}$ per 1 h for each 80 cm^2 of horizontal sampling area. In this case, the salt concentration of sampled atomized solution shall be $50 \text{ g/l} \pm 5 \text{ g/l}$. Further its pH shall be 6.5 to 7.2 for the neutral salt spray test and 3.1 to 3.3 for the acetic acid salt spray test and CASS test. The measurement of pH shall be carried out in accordance with the method specified in **7.2**.

Informative reference: If the density is in the range of 1.029 to 1.036 at $25 \text{ }^\circ\text{C}$ when measured using a hydrometer in the case of the neutral salt spray test, the salt concentration of atomizing solution is considered to conform to the specified requirements.

10 Reuse of apparatus When the apparatus has been used for the spray test with a different salt solution for testing or for other purpose, the apparatus shall be cleaned before use.

When the test is started again, the apparatus shall be operated at least for 24 h before the specimen is placed in the chamber and it shall be verified that the pH of sampled solution is within the specified value throughout the entire spraying period.

Z 2371 : 2000

11 Evaluation method of reproducibility of testing apparatus In order to verify the reproducibility of test results by one set of testing apparatus or by the same type of apparatus in different laboratories, the apparatus shall be required to verify the motions periodically in accordance with 11.1 to 11.3.

11.1 Neutral salt spray test

11.1.1 Reference specimens In order to verify the motions of apparatus, use four pieces of the reference specimens of Grade SPCE steel sheets specified in **JIS G 3141** of which the dimensions are 70 mm × 150 mm and 1 mm ± 0.2 mm in thickness and the surface is free from defects [roughness (arithmetic mean) deviation: $R_a=0.8 \pm 0.3$ μm, the value along the rolling direction]. These reference specimens shall be taken by cutting from cold-rolled steel sheets.

The reference specimens shall be carefully cleaned immediately before testing. The dirt, oil and other impurities capable of influencing the test results shall be removed by cleaning. In such a case, either of the following methods shall be used.

- a) Thoroughly clean the reference specimens with an appropriate organic solvent (the range of boiling point of hydrocarbon, 60 °C to 120 °C) using a clean, soft brush or an ultrasonic cleaning device. Carry out the cleaning in a vessel full of solvent at room temperature. After cleaning, rinse the reference specimens with fresh solvent and then dry them.
- b) If the similar results are obtained, other methods may be used in accordance with the agreement between the parties concerned with delivery.

Weigh the reference specimens to the place of 1 mg. Protect the one surface of the reference specimens with a removable coating material, for example, an adhesive tape.

11.1.2 Arrangement of the reference specimens Position the four reference specimens in four different corners in the test chamber, with the unprotected surface upwards, and at an angle of $20^\circ \pm 5^\circ$. The support for the reference specimens shall be made of, or coated with, inert materials such as plastics. The lower edge of the reference specimens shall be approximately level with the upper edge of the salt spray collector so as to be exposed as the same manner as the ordinary plane specimens. The test duration shall be 96 h.

11.1.3 Determination of decrement At the end of test, remove the coating material, rinse the reference specimens with cold water and remove the salt deposit. Immerse the reference specimens in the cleaning solution prepared by the method in which 3.5 g of the hexamethylenetetramine specified in **JIS K 8847** is added as a corrosion inhibitor in 1 l of the solution [50 % (v/v)] prepared so that 1 volume of the water in 7.1 b) is added in 1 volume of the hydrochloric acid specified in **JIS K 8180**, repeat the cleaning until the decrement change almost disappears and remove the corrosion products thoroughly. It is recommended that the temperature of cleaning solution ought to be $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. After removing, clean the reference specimens thoroughly with water at ordinary temperature and dry them at the end.

Remarks: In order to clean sufficiently with water, it is recommended that the floating matter on the surface ought to be washed out with service water.

3. **มาตรฐาน ASTM B 117** เป็นมาตรฐานการทดสอบคล้ายกับมาตรฐาน JIS ในบางกรณี ลูกค้านี้มีความต้องการให้ทดสอบโดยใช้มาตรฐาน ASTM อ้างอิง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง ASTM กับ JIS K 5400 พบว่าสภาวะการทดสอบและการจัดการการทดสอบเหมือนกัน อาจมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่ไม่ส่งผลต่อผลการทดสอบโดยรวม



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Designation: B 117 - 97

ASTM INTERNATIONAL

Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus¹

This standard is issued under the fixed designation B 117; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice describes the apparatus, procedure, and conditions required to create and maintain the salt spray (fog) test environment. Suitable apparatus which may be used is described in Appendix X1.

1.2 This practice does not prescribe the type of test specimen or exposure periods to be used for a specific product, nor the interpretation to be given to the results.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as standard. The inch-pound units in parentheses are provided for information and may be approximate.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- B-368 Method for Copper-Accelerated Acetic Acid-Salt Spray (Fog) Testing (CASS Test)²
- D 609 Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products³
- D 1193 Specification for Reagent Water⁴
- D 1654 Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments³
- E 70 Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode⁵
- E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee G01 on Corrosion of Metals and is the direct responsibility of Subcommittee G01.05 on Laboratory Corrosion Tests.

Current edition approved Apr. 10, 1997. Published November 1997. Originally published as B 117 - 39 T. Last previous edition B 117 - 95.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.05.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 06.01.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.01.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.05.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

G 85 Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing⁷

3. Significance and Use

3.1 This practice provides a controlled corrosive environment which has been utilized to produce relative corrosion resistance information for specimens of metals and coated metals exposed in a given test chamber.

3.2 Prediction of performance in natural environments has seldom been correlated with salt spray results when used as stand alone data.

3.2.1 Correlation and extrapolation of corrosion performance based on exposure to the test environment provided by this practice are not always predictable.

3.2.2 Correlation and extrapolation should be considered only in cases where appropriate corroborating long-term atmospheric exposures have been conducted.

3.3 The reproducibility of results in the salt spray exposure is highly dependent on the type of specimens tested and the evaluation criteria selected, as well as the control of the operating variables. In any testing program, sufficient replicates should be included to establish the variability of the results. Variability has been observed when similar specimens are tested in different fog chambers even though the testing conditions are nominally similar and within the ranges specified in this practice.

4. Apparatus

4.1 The apparatus required for salt spray (fog) exposure consists of a fog chamber, a salt solution reservoir, a supply of suitably conditioned compressed air, one or more atomizing nozzles, specimen supports, provision for heating the chamber, and necessary means of control. The size and detailed construction of the apparatus are optional, provided the conditions obtained meet the requirements of this practice.

4.2 Drops of solution which accumulate on the ceiling or cover of the chamber shall not be permitted to fall on the specimens being exposed.

4.3 Drops of solution which fall from the specimens shall not be returned to the solution reservoir for respraying.

4.4 Material of construction shall be such that it will not

⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.02.

B 117

affect the corrosiveness of the fog.

4.5 All water used for this practice shall conform to Type IV water in Specification D 1193 (except that for this practice limits for chlorides and sodium may be ignored). This does not apply to running tap water. All other water will be referred to as reagent grade.

5. Test Specimens

5.1 The type and number of test specimens to be used, as well as the criteria for the evaluation of the test results, shall be defined in the specifications covering the material or product being exposed or shall be mutually agreed upon between the purchaser and the seller.

6. Preparation of Test Specimens

6.1 Specimens shall be suitably cleaned. The cleaning method shall be optional depending on the nature of the surface and the contaminants. Care shall be taken that specimens are not recontaminated after cleaning by excessive or careless handling.

6.2 Specimens for evaluation of paints and other organic coatings shall be prepared in accordance with applicable specification(s) for the material(s) being exposed, or as agreed upon between the purchaser and the supplier. Otherwise, the test specimens shall consist of steel meeting the requirements of Practice D 609 and shall be cleaned and prepared for coating in accordance with the applicable procedure of Practice D 609.

6.3 Specimens coated with paints or nonmetallic coatings shall not be cleaned or handled excessively prior to test.

6.4 Whenever it is desired to determine the development of corrosion from an abraded area in the paint or organic coating, a scratch or scribed line shall be made through the coating with a sharp instrument so as to expose the underlying metal before testing. The conditions of making the scratch shall be as defined in Test Method D 1654, unless otherwise agreed upon between the purchaser and the seller.

6.5 Unless otherwise specified, the cut edges of plated, coated, or duplex materials and areas containing identification marks or in contact with the racks or supports shall be protected with a suitable coating stable under the conditions of the practice.

† Note 1—Should it be desirable to cut test specimens from parts or from unplated, painted, or otherwise coated steel sheet, the cut edges shall be protected by coating them with paint, wax, tape, or other effective media so that the development of a galvanic effect between such edges and the adjacent plated or otherwise coated metal surfaces, is prevented.

7. Position of Specimens During Exposure

7.1 The position of the specimens in the salt spray chamber during the test shall be such that the following conditions are met:

7.1.1 Unless otherwise specified, the specimens shall be supported or suspended between 15 and 30° from the vertical and preferably parallel to the principal direction of flow of fog through the chamber, based upon the dominant surface being tested.

7.1.2 The specimens shall not contact each other or any metallic material or any material capable of acting as a wick.

7.1.3 Each specimen shall be so placed as to permit free settling of fog on all specimens.

7.1.4 Salt solution from one specimen shall not drip on any other specimen.

Note 2—Suitable materials for the construction or coating of racks and supports are glass, rubber, plastic, or suitably coated wood. Bare metal shall not be used. Specimens shall preferably be supported from the bottom or the side. Slotted wooden strips are suitable for the support of flat panels. Suspension from glass hooks or waxed string may be used as long as the specified position of the specimens is obtained, if necessary by means of secondary support at the bottom of the specimens.

8. Salt Solution

8.1 The salt solution shall be prepared by dissolving 5 ± 1 parts by mass of sodium chloride in 95 parts of water conforming to Type IV water in Specification D 1193 (except that for this practice limits for chlorides and sodium may be ignored). The salt used shall be sodium chloride substantially free of nickel and copper and containing on the dry basis not more than 0.1 % of sodium iodide and not more than 0.3 % of total impurities. Some salts contain additives that may act as corrosion inhibitors; careful attention should be given to the chemical content of the salt. Upon agreement between the purchaser and the seller, analysis may be required and limits established for elements or compounds not specified in the chemical composition given above.

8.2 The pH of the salt solution shall be such that when atomized at 35°C (95°F) the collected solution will be in the pH range from 6.5 to 7.2 (Note 3). Before the solution is atomized it shall be free of suspended solids (Note 4). The pH measurement shall be made at 25°C (77°F) using a suitable glass pH-sensing electrode, reference electrode, and pH meter system in accordance with Test Method E 70.

Note 3—Temperature affects the pH of a salt solution prepared from water saturated with carbon dioxide at room temperature and pH adjustment may be made by the following three methods:

(1) When the pH of a salt solution is adjusted at room temperature, and atomized at 35°C (95°F), the pH of the collected solution will be higher than the original solution due to the loss of carbon dioxide at the higher temperature. When the pH of the salt solution is adjusted at room temperature, it is therefore necessary to adjust it below 6.5 so the collected solution after atomizing at 35°C (95°F) will meet the pH limits of 6.5 to 7.2. Take about a 50-mL sample of the salt solution as prepared at room temperature, boil gently for 30 s, cool, and determine the pH. When the pH of the salt solution is adjusted to 6.5 to 7.2 by this procedure, the pH of the atomized and collected solution at 35°C (95°F) will come within this range.

(2) Heating the salt solution to boiling and cooling to 35°C (95°F) and maintaining it at 35°C (95°F) for approximately 48 h before adjusting the pH produces a solution the pH of which does not materially change when atomized at 35°C (95°F).

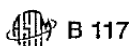
(3) Heating the water from which the salt solution is prepared to 35°C (95°F) or above, to expel carbon dioxide, and adjusting the pH of the salt solution within the limits of 6.5 to 7.2 produces a solution the pH of which does not materially change when atomized at 35°C (95°F).

Note 4—The freshly prepared salt solution may be filtered or decanted before it is placed in the reservoir, or the end of the tube leading from the solution to the atomizer may be covered with a double layer of cheesecloth to prevent plugging of the nozzle.

Note 5—The pH can be adjusted by additions of dilute ACS reagent grade hydrochloric acid or sodium hydroxide solutions.

9. Air Supply

9.1 The compressed air supply to the nozzle or nozzles for atomizing the salt solution shall be free of oil and dirt (Note 6)



B 117

INTERNATIONAL STANDARDS INSTITUTE

and maintained between 69 and 172 kPa/m² (10 and 25 psi).

NOTE 6—The air supply may be freed from oil and dirt by passing it through a water scrubber or at least 610 mm (2 ft) of suitable cleaning material such as sheep's wool, excelsior, slag wool, or activated⁸ alumina. Commercial cartridge filters which include an expiration indicator may also be used.

10. Conditions in the Salt Spray Chamber

10.1 *Temperature*—The exposure zone of the salt spray chamber shall be maintained at 35 + 1.1 – 1.7°C (95 + 2 – 3°F). The temperature within the exposure zone of the closed cabinet shall be recorded at least twice a day at least 7 h apart (except on Saturdays, Sundays, and holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir).

NOTE 7—A suitable method to record the temperature is by a continuous recording device or by a thermometer which can be read from outside the closed cabinet. The recorded temperature must be obtained with the salt spray chamber closed to avoid a false low reading because of wet-bulb effect when the chamber is open.

10.2 *Atomization and Quantity of Fog*—At least two clean fog collectors shall be so placed within the exposure zone that no drops of solution from the test specimens or any other source shall be collected. The collectors shall be placed in the proximity of the test specimens, one nearest to any nozzle and the other farthest from all nozzles. The fog shall be such that for each 80 cm² (12.4 in.²) of horizontal collecting area there will be collected in each collector from 1.0 to 2.0 mL of solution per hour based on an average run of at least 16 h (Note 8). The sodium chloride concentration of the collected solution shall be 5 ± 1 mass % (Note 9). The pH of the collected solution shall be 6.5 to 7.2. The pH measurement shall be made as described in 8.2 (Note 3).

NOTE 8—Suitable collecting devices are glass or plastic funnels with the stems inserted through stoppers into graduated cylinders, or crystallizing dishes. Funnels and dishes with a diameter of 10 cm (3.94 in.) have an area of about 80 cm² (12.4 in.²).

NOTE 9—A solution having a specific gravity of 1.0255 to 1.0400 at 25°C (77°F) will meet the concentration requirement. The sodium chloride concentration may also be determined using a suitable salinity meter (for example, utilizing a sodium ion-selective glass electrode) or colorimetrically as follows. Dilute 5 mL of the collected solution to 100 mL with distilled water and mix thoroughly; pipet a 10-mL aliquot into an evaporating dish or casserole; add 40 mL of distilled water and 1 mL of 1 % potassium chromate solution (chloride-free) and titrate with 0.1 N silver nitrate solution to the first appearance of a permanent red coloration. A solution that requires between 3.4 and 5.1 mL of 0.1 N silver nitrate solution will meet the concentration requirements.

10.3 The nozzle or nozzles shall be so directed or baffled that none of the spray can impinge directly on the test specimens.

11. Continuity of Exposure

11.1 Unless otherwise specified in the specifications covering the material or product being tested, the test shall be

⁸ A suitable device for maintaining the level of liquid in either the saturator tower or reservoir of test solution may be designed by a local engineering group, or may be purchased from manufacturers of test cabinets as an accessory.

continuous for the duration of the entire test period. Continuous operation implies that the chamber be closed and the spray operating continuously except for the short daily interruptions necessary to inspect, rearrange, or remove test specimens, to check and replenish the solution in the reservoir, and to make necessary recordings as described in Section 10. Operations shall be so scheduled that these interruptions are held to a minimum.

12. Period of Exposure

12.1 The period of exposure shall be as designated by the specifications covering the material or product being tested or as mutually agreed upon between the purchaser and the seller.

NOTE 10—Recommended exposure periods are to be as agreed upon between the purchaser and the seller, but exposure periods of multiples of 24 h are suggested.

13. Cleaning of Tested Specimens

13.1 Unless otherwise specified in the specifications covering the material or product being tested, specimens shall be treated as follows at the end of the test:

13.1.1 The specimens shall be carefully removed.

13.2 Specimens may be gently washed or dipped in clean running water not warmer than 38°C (100°F) to remove salt deposits from their surface, and then immediately dried.

14. Evaluation of Results

14.1 A careful and immediate examination shall be made as required by the specifications covering the material or product being tested or by agreement between the purchaser and the seller.

15. Records and Reports

15.1 The following information shall be recorded, unless otherwise prescribed in the specifications covering the material or product being tested:

15.1.1 Type of salt and water used in preparing the salt solution,

15.1.2 All readings of temperature within the exposure zone of the chamber,

15.1.3 Daily records of data obtained from each fog-collecting device including the following:

15.1.3.1 Volume of salt solution collected in millilitres per hour per 80 cm² (12.4 in.²),

15.1.3.2 Concentration or specific gravity at 35°C (95°F) of solution collected, and

15.1.3.3 pH of collected solution.

15.2 Type of specimen and its dimensions, or number or description of part,

15.3 Method of cleaning specimens before and after testing,

15.4 Method of supporting or suspending article in the salt spray chamber,

15.5 Description of protection used as required in 6.5,

15.6 Exposure period,

15.7 Interruptions in exposure, cause, and length of time, and

15.8 Results of all inspections.

NOTE 11—If any of the atomized salt solution which has not contacted the test specimens is returned to the reservoir, it is advisable to record the

concentration or specific gravity of this solution also.

16. Keywords

16.1 controlled corrosive environment; corrosive condi-

tion; determining mass loss; salt spray (fog) exposure

APPENDIXES

(Nonmandatory Information)

XI. CONSTRUCTION OF APPARATUS

X1.1 Cabinets

X1.1.1 Standard salt spray cabinets are available from several suppliers, but certain pertinent accessories are required before they will function according to this practice and provide consistent control for duplication of results.

X1.1.2 The salt spray cabinet consists of the basic chamber, an air-saturator tower, a salt solution reservoir, atomizing nozzles, specimen supports, provisions for heating the chamber, and suitable controls for maintaining the desired temperature.

X1.1.3 Accessories such as a suitable adjustable baffle or central fog tower, automatic level control for the salt reservoir, and automatic level control for the air-saturator tower are pertinent parts of the apparatus.

X1.1.4 The size and shape of the cabinet shall be such that the atomization and quantity of collected solution is within the limits of this practice.

X1.1.5 The chamber shall be made of suitably inert materials such as plastic, glass, or stone, or constructed of metal and lined with impervious plastics, rubber, or epoxy-type materials or equivalent.

X1.1.6 All piping that contacts the salt solution or spray should be of inert materials such as plastic. Vent piping should be of sufficient size so that a minimum of back pressure exists and should be installed so that no solution is trapped. The exposed end of the vent pipe should be shielded from extreme air currents that may cause fluctuation of pressure or vacuum in the cabinet.

X1.2 Temperature Control

X1.2.1 The maintenance of temperature within the salt chamber can be accomplished by several methods. It is generally desirable to control the temperature of the surroundings of the salt spray chamber and to maintain it as stable as possible. This may be accomplished by placing the apparatus in a constant-temperature room, but may also be achieved by surrounding the basic chamber of a jacket containing water or air at a controlled temperature.

X1.2.2 The use of immersion heaters in an internal salt solution reservoir or of heaters within the chamber is detrimental where heat losses are appreciable, because of solution evaporation and radiant heat on the specimens.

X1.3 Spray Nozzles

X1.3.1 Satisfactory nozzles may be made of hard rubber, plastic, or other inert materials. The most commonly used type

TABLE X1.1 Operating Characteristics of Typical Spray Nozzle

Siphon Height, cm	Air Flow, dm ³ /min				Solution Consumption, cm ³ /h			
	Air Pressure, kPa				Air Pressure, kPa			
	34	69	103	138	34	69	103	138
10	19	26.5	31.5	36	2100	3840	4584	5256
20	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
30	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3710
40	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

Siphon Height, in.	Air Flow, L/min				Solution Consumption, mL/h			
	Air Pressure, psi				Air Pressure, psi			
	5	10	15	20	5	10	15	20
4	19	26.5	31.5	36	2100	3840	4584	5256
8	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
12	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3710
16	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

is made of plastic. Nozzles calibrated for air consumption and solution-atomized are available. The operating characteristics of a typical nozzle are given in Table X1.1.

X1.3.2 It can readily be seen that air consumption is relatively stable at the pressures normally used, but a marked reduction in solution sprayed occurs if the level of the solution is allowed to drop appreciably during the test. Thus, the level of the solution in the salt reservoir must be maintained automatically to ensure uniform fog delivery during the test.⁸

X1.3.3 If the nozzle selected does not atomize the salt solution into uniform droplets, it will be necessary to direct the spray at a baffle or wall to pick up the larger drops and prevent them from impinging on the test specimens. Pending a complete understanding of air-pressure effects, etc., it is important that the nozzle selected shall produce the desired condition when operated at the air pressure selected. Nozzles are not necessarily located at one end, but may be placed in the center and can also be directed vertically up through a suitable tower.

X1.4 Air for Atomization

X1.4.1 The air used for atomization must be free of grease, oil, and dirt before use by passing through well-maintained filters. Room air may be compressed, heated, humidified, and washed in a water-sealed rotary pump, if the temperature of the water is suitably controlled. Otherwise cleaned air may be introduced into the bottom of a tower filled with water, through a porous stone or multiple nozzles. The level of the water must be maintained automatically to ensure adequate humidification. A chamber operated in accordance with this method and Appendix XI will have a relative humidity between 95 and 98 %. Since salt solutions from 2 to 6 % will give the same

ภาคผนวก ข

วิธีใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

ชื่อเอกสาร	คู่มือการใช้งาน การสอบเทียบและตรวจสอบระหว่างใช้งาน	เอกสารหมายเลข	TLA-T002
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	15/3/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	เครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน
			หน้า
			1/9

2.4 เครื่องมือทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน

2.4.1 Salt Spray Tester

จุดประสงค์

เพื่อทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนของวัสดุที่เป็นโลหะซึ่งถูกเคลือบด้วยสีหรือวัสดุอื่น โดยทดสอบตามสภาวะและระยะเวลาทดสอบที่กำหนด

เครื่องมือ

เครื่อง salt spray ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญดังนี้

1. atomizing chamber
2. atomizer ทำหน้าที่สเปรย์ละอองน้ำเกลือ โดยต้องสเปรย์น้ำเกลือในปริมาณที่สม่ำเสมอ
3. salt solution reservoir เป็น tank สำหรับเก็บน้ำเกลือ
4. specimen support สำหรับวางชิ้นงานทดสอบใน chamber โดยชิ้นงานทดสอบจะทำมุม 15-30° กับแนวตั้ง
5. collector ทำหน้าที่เก็บละอองน้ำเกลือที่สเปรย์ใน chamber เพื่อนำมาวัดค่า pH และตรวจสอบปริมาณน้ำเกลือที่ถูกสเปรย์ออกมาต่อชั่วโมง
6. temperature controller เป็น sensor ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิใน chamber
7. tank สำหรับใส่น้ำกลั่นสำหรับ air saturator
8. peristaltic pump เพื่อควบคุม pressure ใน chamber
9. pressure regulator และ pressure guage เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมปริมาณ pressure และเป็นส่วนที่บอกปริมาณ pressure ใน chamber
10. exhauster
11. Drain สำหรับ drain น้ำเกลือที่อยู่ใน chamber

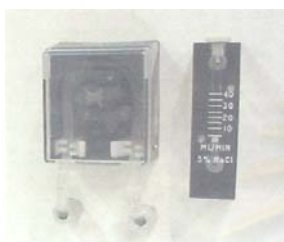


รูปที่ 1 Mains Isolator สวิตช์เปิด-ปิด เครื่อง



รูปที่ 2 Air Pressure Gauge & Regulator

ชื่อเอกสาร คู่มือการใช้งาน การสอบเทียบและตรวจสอบระหว่างใช้งาน		เอกสารหมายเลข TLA-T002	
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่ 0 ชุด A	หน้า
		วันที่ 15/3/52	
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	เครื่องมือทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน
			2/9



รูปที่ 3 Peristaltic Pump & Flow Meter



รูปที่ 4 Drain The Cabinet



รูปที่ 5

Water -12.5 mm (1/2") bore hose
 Salt Water - 4 mm. (3/16") bore hose
 Compressed air - 12.5 mm. (1/2") bore hose
 Electricity (Standard IEC socket for SASS/450)



รูปที่ 6 Exhaust Vent to Atmosphere

Exhaust - 55 mm.(2 1/4") diameter pipe

วิธีการใช้งาน

1. เสียบปลั๊กและเปิดวาล์วท่อ air (Main valve)
2. เปิดสวิตช์ (หมายเลข 1) โดยหมุนตามเข็มนาฬิกา
3. เปิดฝา cabinet จากนั้นใส่ชิ้นงานทดสอบลงไป ใน cabinet โดยวางชิ้นงานบน rack จากนั้นเปิดฝา

หมายเหตุ 1: หากเครื่องถูกเปิดใช้งานแล้ว ถ้าต้องการเปิดฝา cabinet ต้องกด F1 เพื่อหยุดการทำงานของเครื่อง และกด F3 เพื่อ purge ละอองน้ำเกลือโดยหน้าจอจะขึ้นข้อความว่า 'PURGING! PLEASE WAIT' ประมาณ 10 นาที จากนั้นหน้าจอจะกลับสู่หน้าจอหลัก จึงสามารถเปิดฝาเพื่อใส่ชิ้นงานทดสอบได้

4. เริ่มทำงานโดยกด F1 สัญญาณไฟสีเขียวจะขึ้นบริเวณหน้าจอ
5. ปรับ air pressure โดยตั้งปุ่ม air pressure regulator (หมายเลข 2) ขึ้นเพื่อปลดล็อก หมุนตามเข็มนาฬิกาเพื่อเพิ่ม

ชื่อเอกสาร	คู่มือการใช้งาน การสอบเทียบและตรวจสอบระหว่างใช้งาน	เอกสารหมายเลข	TLA-T002
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	15/3/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	เครื่องมือทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน
			หน้า 3/9
<p>pressure หมุนทวนเข็มนาฬิกาเพื่อลด pressure โดยดู pressure จาก air pressure gauge (หมายเลข 3) จากนั้นกดปุ่ม air pressure regulator ลงเพื่อล๊อคคกปุ่ม F1 รอ 3 วินาทีหน้าจอจะแสดง Serial number ของ Cabinet และ software version number เครื่องเริ่มทำงานเมื่อผ่านไป 3 วินาที โดยหน้าจอจะแสดง Temp SP. และ Actual</p> <p>6. การนับเวลาที่ทดสอบ</p> <p>หากต้องการดูจำนวนเวลาที่ทำการทดสอบผ่านไปแล้วให้กด F5 ค้างไว้ตลอดเวลาที่ต้องการดูเวลา หน้าจอจะแสดงจำนวนชั่วโมงที่ผ่านไปตั้งแต่เริ่มทดสอบ</p> <p>7. การหยุดการทำงานของเครื่อง</p> <p>เมื่อครบเวลาที่ทดสอบต้องการนำชิ้นงานทดสอบออก โดย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) กด F1 เพื่อหยุดการทำงานของเครื่อง 2) กด F3 เพื่อ purge ละอองน้ำเกลือประมาณ 10 นาที รายละเอียดดูตามข้อ 3. 3) เปิดฝา cabinet เพื่อนำชิ้นงานทดสอบออก <p>หมายเหตุ 2: กรณีที่ยังมีชิ้นงานที่ต้องทดสอบต่ออยู่ในเครื่อง หลังจากปิดฝาแล้ว กด F1 เพื่อให้เครื่องทำงานต่อ</p> <p>8. การปิดเครื่อง</p> <p>เมื่อไม่มีการทดสอบในเครื่อง ให้ปิดเครื่องโดยทำตามขั้นตอนดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ปิดวาล์วท่อ air รอจนกระทั่งเข็มบน air pressure gauge ชี้ที่เลข 0 2) กด F1 เพื่อหยุดการทำงาน 3) ปิดสวิตซ์โดยหมุนทวนเข็มนาฬิกา 4) ถอดปลั๊ก <p>การปรับค่าการใช้งานของเครื่อง</p> <p>การปรับค่าการใช้งานของเครื่องต้องไปปรับใน setting menu ซึ่งประกอบด้วย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Reset hours run counter 2) Moist air/dry air 3) Set pump speed 4) Cabinet temp. SP (set point) 5) Air saturated temp. SP (set point) <p>เมื่อกดปุ่ม F6 function จะปรากฏบนหน้าจอที่ละ function โดยกด F2 ซ้ำ เพื่อเรียกดู function ต่อไปเมื่อต้องการออก จาก Setting Menu กด F1 เพื่อกลับสู่หน้าจอหลัก</p> <p>ถ้าไม่มีการกดเลือก function หลังจาก 60 วินาที หน้าจอจะกลับสู่หน้าจอหลัก</p>			

ชื่อเอกสาร	คู่มือการใช้งาน การสอบเทียบและตรวจสอบระหว่างใช้งาน	เอกสารหมายเลข	TLA-T002
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	15/3/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	เครื่องมือทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน
			หน้า
			4/9
<p>1) Reset Hours Run Counter</p> <p>หากต้องการตั้งการนับเวลาทดสอบใหม่ ต้องกดปุ่ม F6 หน้าจอจะแสดงผลเป็น Reset Hours Run Counter กด F3 เพื่อตั้งค่าเวลาเป็นศูนย์ หากต้องการกลับไปหน้าจอหลักกด F1 ถ้าต้องการตั้งค่าใน function อื่น กด F2 ต่อไปเรื่อยๆจนถึงค่าที่ต้องการตั้งใหม่</p> <p>2) Moist Air/Dry Air</p> <p>เลือกสภาวะที่ใช้โดยเริ่มจากกด F6 เพื่อเข้าสู่ Setting Menu (ถ้าอยู่ใน setting menu อยู่แล้วก็ไม่ต้องกด F6) กด F2 ซ้ำ เพื่อให้หน้าจอแสดงผลเป็น Moist air/Dry air ถ้าต้องการเลือก Moist air กด F3 และถ้าต้องการเลือก Dry air กด F4 ถ้าต้องการกลับไปหน้าจอหลักกด F1 หรือถ้าต้องการตั้งค่าใน function อื่น กด F2 ต่อไปเรื่อยๆจนถึง function ที่ต้องการตั้งใหม่</p> <p>หมายเหตุ 3 : ในการทดสอบนี้ใช้ Moist air</p> <p>3) Set Pump Speed</p> <p>เริ่มจากกด F6 เพื่อเข้าสู่ Setting Menu (ถ้าอยู่ใน setting menu อยู่แล้วก็ไม่ต้องกด F6) กด F2 ซ้ำ เพื่อให้หน้าจอแสดงผล Set pump speed กด F3 เพื่อลด speed pump (ปรับได้ตั้งแต่ 99 ถึง 0) กด F4 เพื่อเพิ่ม speed pump (ปรับได้ตั้งแต่ 0 ถึง 99) ลบค่าที่ตั้งไปแล้วกด F5 เมื่อตั้งค่าแล้วต้องกดยืนยันค่าที่ตั้งไว้โดยกด F6 ถ้าต้องการกลับไปหน้าจอหลักกด F1หรือต้องการตั้งค่าใน function อื่น กด F2 ต่อไปเรื่อยๆจนถึง function ที่ต้องการตั้งใหม่</p> <p>หมายเหตุ 4 : กด F6 เพื่อยืนยันค่าที่ตั้งไว้ก่อนที่จะเลือก function ถัดไปหรือกลับสู่หน้าจอหลัก หากไม่กดยืนยันภายใน 10 วินาที ค่าของ function นั้นจะกลับสู่ค่าเดิมที่ตั้งไว้ก่อนหน้านี้</p> <p>ถ้าตั้งค่าสูงกว่า maximum ของเครื่อง เมื่อกด F6 เพื่อยืนยัน เครื่องจะแสดงผลหน้าจอเป็นค่า maximum ของเครื่องโดยอัตโนมัติ</p> <p>4) Cabinet temp SP</p> <p>กด F6 เพื่อเข้าสู่ Setting Menu (ถ้าอยู่ใน setting menu อยู่แล้วก็ไม่ต้องกด F6) กด F2 ซ้ำ เพื่อให้หน้าจอแสดงผลเป็น Cabinet temp. SP กด F3 เพื่อลดอุณหภูมิของ Cabinet (ปรับได้ตั้งแต่ +50°C ถึง อุณหภูมิห้อง) กด F4 เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ตั้งแต่อุณหภูมิห้อง ถึง +50°C) กด F5 - ลบค่าที่ตั้งไว้ เมื่อตั้งค่าได้แล้วต้องกด F6 เพื่อยืนยันค่า จากนั้นกด F1 เพื่อกลับไปหน้าจอหลัก หรือถ้าต้องการตั้งค่าที่ function อื่น กด F2 ต่อไปจนถึง function ที่ต้องการตั้งค่าใหม่</p> <p>หมายเหตุ 5 : กด F6 เพื่อยืนยันค่าที่ตั้งไว้ก่อนที่จะเลือก function ถัดไปหรือกลับสู่หน้าจอหลัก หากไม่กดยืนยันภายใน 10</p>			

ชื่อเอกสาร	คู่มือการใช้งาน การสอบเทียบและตรวจสอบระหว่างใช้งาน	เอกสารหมายเลข	TLA-T002
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	15/3/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	เครื่องมือทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน
			หน้า
			5/9
<p>วินาที ค่าของ function นี้จะกลับสู่ค่าเดิมที่ตั้งไว้ก่อนนี้ การตั้งค่าใหม่</p> <p>หมายเหตุ 6 : กด F6 เพื่อยืนยันค่าที่ตั้งไว้ก่อนที่จะเลือก function ถัดไปหรือกลับสู่หน้าจอหลัก หากไม่กดยืนยันภายใน 10 วินาที ค่าของ function นี้จะกลับสู่ค่าเดิมที่ตั้งไว้ก่อนนี้</p> <p>ในการทดสอบนี้ปรับค่า Air Saturator Temp. เท่ากับ 47°C</p> <p>กรณีที่เครื่องขัดข้อง</p> <p>กรณีที่เครื่องเกิดขัดข้อง จะมีสัญญาณไฟสีแดงปรากฏขึ้นบริเวณหน้าจอและมีเสียงสัญญาณดังต่อเนื่อง หน้าจอจะมีข้อความ 'ALARM TYPE' และบรรทัดที่ 2 มีคำสั่งว่า 'F3 = MUTE F4 - RESET' ขณะที่หน้าจอปรากฏข้อความนี้ต้องกด F3 เพื่อหยุด F4 สัญญาณเสียง กดเพื่อ reset สัญญาณฉุกเฉินทั้งหมด จากนั้นกด F1 เพื่อกลับไปหน้าจอหลัก</p> <p>ข้อควรระวังและการดูแลรักษา</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 การดูแลเครื่องหลังการใช้งานเสร็จ ให้ทำความสะอาด cabinet และฝาด้วยน้ำอุ่นหรือน้ำสบู่ (mild detergent) 2 ก่อนทำความสะอาด chamber ต้องปิดเครื่องก่อนทุกครั้ง 3 ก่อนเปิดฝา chamber ต้องหยุดการทำงานของเครื่องและ purge ละอองน้ำเกลือตามคู่มือการใช้เครื่องมือ เนื่องจากในละอองน้ำเกลือมีสารเคมีที่เป็น heavy metal เป็นส่วนประกอบอยู่ซึ่งอาจเป็นอันตรายได้เมื่อสูดดมเข้าไป 4 ถ้าไม่มีการใช้งานมากกว่า 1 สัปดาห์ หรือมีตะไคร่น้ำปนเปื้อนใน salt solution reservoir ควรปฏิบัติดังนี้ <ul style="list-style-type: none"> - ปิดสวิตช์ cabinet - เทน้ำเกลือที่เหลือใน reservoir ออก - ทำความสะอาด reservoir - เติมสารละลาย biocidal sterilising agent เล็กน้อยและใส่ salt filter housing ลงใน reservoir - เปิดสวิตช์ cabinet และให้เครื่อง salt spray ทำงานประมาณ 5 นาที พร้อมกับปิดฝาเครื่อง ซึ่งเป็นการล้างทำ - ทำความสะอาด salt solution hose และ fitting ด้วย sterilising agent - ปิดสวิตช์ cabinet และปล่อยให้จมน้ำจนกระทั่งใช้งานอีกครั้ง - ล้าง sterilising agent ออก - ทำความสะอาด tank - เติมน้ำเกลือลงใน reservoir และเปิดเครื่องให้ทำงานประมาณ 5 นาที เพื่อล้าง sterilising agent ที่เหลือ 			

ชื่อเอกสาร	คู่มือการใช้งาน การสอบเทียบและตรวจสอบระหว่างใช้งาน	เอกสารหมายเลข	TLA-T002
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	15/3/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	เครื่องมือทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน
			หน้า
			6/9

การตรวจสอบระหว่างใช้งานและการบำรุงรักษา

1. Daily Checks

บันทึกพารามิเตอร์ของ cabinet ลงในตาราง
ตรวจสอบในส่วนของ drain และ exhaust ไม่ให้มีสิ่งอุดตัน

2. Weekly Maintenance

- การทำความสะอาด filter

- 1) ปิดสวิตช์เครื่อง Salt Spray
- 2) ถอด atomiser และ filter ออกจาก Salt Solution Filter Housing อย่างระมัดระวัง
- 3) ตรวจสอบสีของ filter
- 4) ถอดสาย compressed air inlet hose ออก
- 5) หมุน atomiser body และ cap ออกจากกัน
- 6) ใช้คีมปลายแหลมหรือแหนบดึง filter material ออกจาก salt solution filter housing
- 7) ล้างทำความสะอาด filter material ด้วยน้ำอุ่นหรือน้ำสบู่ (mild detergent)
- 8) ถ้า filter material สกปรกมากควรเปลี่ยน filter material ใหม่

- การใส่ salt solution filter

- 1) ม้วน filter material เป็นรูปทรงกระบอกและใส่ใน filter housing
- 2) หมุน atomiser body, nozzle และ cap เข้าไปที่ filter housing โดยให้ rubber 'O' ring อยู่ในลักษณะที่เหมาะสม
- 3) ประกอบสาย compressed air inlet hose เข้า
- 4) ประกอบ atomiser และ filter
- 5) เปิดสวิตช์ cabinet พร้อมใช้งาน

3. Monthly Maintenance

- การทำความสะอาด reservoir

- 1) หยุดการทำงานของเครื่องและปิดสวิตช์เครื่อง Salt Spray
- 2) ถอดสายน้ำเกลือออกจากฝาถัง reservoir และเทน้ำเกลือที่อยู่ในถัง reservoir ออก
- 3) ล้าง reservoir และฝาด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างตะกอนและสิ่งสกปรกออก
- 4) ทิ้งไว้ให้แห้ง
- 5) เติมน้ำเกลือที่เตรียมไว้และใส่สายน้ำเกลือจากฝาถัง reservoir ลงในถัง reservoir
- 6) เปิดสวิตช์เครื่องให้เครื่องทำงาน

- การทำความสะอาด cabinet

ชื่อเอกสาร	คู่มือการใช้งาน การสอบเทียบและตรวจสอบระหว่างใช้งาน	เอกสารหมายเลข	TLA-T002
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	15/3/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	เครื่องมือทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน
			หน้า
			7/9
<p>1) หยุดการทำงานของเครื่องและปิดสวิทช์เครื่อง Salt Spray</p> <p>2) purge ละอองน้ำเกลือโดยกด F3</p> <p>3) เปิดฝา cabinet นำชิ้นงานทดสอบและที่วางชิ้นงานออกจาก cabinet</p> <p>4) หมุนปุ่มหมายเลข 4 (ซึ่งอยู่ทางด้านล่างของ cabinet) ไปทางซ้ายให้นานกับท่อน้ำเพื่อ drain น้ำเกลือที่อยู่ใน cabinet ออกให้หมด</p> <p>5) ล้าง cabinet ด้วยน้ำหรือน้ำสบู่เพื่อล้างคราบสนิมหรือสิ่งสกปรกออก</p> <p>6) ล้างที่วางชิ้นงานด้วยน้ำสบู่ ใช้แปรงขัดสนิมที่ติดอยู่ให้สะอาด</p> <p>7) หมุนปุ่มหมายเลข 4 ไปทางซ้ายให้อยู่ในแนวตั้ง</p> <p>8) ใส่หน้าสะอาดลงใน cabinet สูงประมาณ 5 ซม. ใส่ที่วางชิ้นงานและชิ้นงานทดสอบ ปิดฝา cabinet และเปิดสวิทช์เพื่อใช้งาน</p> <p>4. Three-monthly Maintenance</p> <p>- Peristaltic Pump</p> <p>เปลี่ยนสายยางซิลิโคนของ peristaltic pump ทุกๆ 3 เดือนหรืออาจบ่อยครั้งกว่า ถ้าพบว่ายางเสียสภาพเนื่องจากการใช้งาน</p> <p>- การเปลี่ยนสายยางซิลิโคนทำได้ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ปิดสวิทช์เครื่อง cabinet 2) จับ plastic pipes 2 อันที่ติดกับสายยางซิลิโคนของ peristaltic pump 3) ปลดสายยางซิลิโคนออกจาก clamp ที่ติดกับ pump body 4) ค่อยๆดึงสายยางซิลิโคนออกขณะเดียวกันก็ใช้มือหมุน pump roller ในทิศตามเข็มนาฬิกา เพื่อดึงสายยางออกจาก pump 5) หมุน cap ที่เป็นตัวยึดติดสายยางซิลิโคนทั้งสองข้างออก จากนั้นดึงปลายสายยางทั้งสองข้างออก 6) ตัดสายยางเส้นใหม่โดยมีความยาวเท่าเส้นเดิม 7) ใส่สายยางเส้นใหม่เข้าทาง clamp ด้านซ้ายก่อน โดยต้องแน่ใจว่าความยาวของสายยางจะพอดีที่จะสามารถติดกับ compression fitting ทางด้านบน 8) ใช้มือหมุน pump roller ในทิศตามเข็มนาฬิกาเพื่อใส่สายยางเข้าไปที่ pump ทำให้สายยางไม่บิดเบี้ยว 9) ยึดสายยางด้านขวาด้วย clamp 10) ใส่ compression fitting cap ให้ปลายสายยางทั้งสองข้างเชื่อมต่อกับ compression fitting อีกครั้ง 11) ทำการ restart pump และปลด clamp ทางด้านขวาเป็นเวลา 2-3 นาที เพื่อให้สายยางซิลิโคนอยู่ในตำแหน่ง 			

ชื่อเอกสาร	คู่มือการใช้งาน การสอบเทียบและตรวจสอบระหว่างใช้งาน	เอกสารหมายเลข	TLA-T002
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	15/3/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	เครื่องมือทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน
			หน้า
			8/9
<p>5.2 Clean or Unblock Salt Spray Atomiser</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ปิดสวิทช์ cabinet 2) ถอด atomiser และ filter ออกจากส่วนที่ support ไว้อย่างระมัดระวัง 3) ถอด compressed air inlet hose 4) หมุน atomiser ออก 5) ล้าง atomiser cap ในน้ำในลักษณะให้น้ำไหลผ่าน 6) หมุน atomiser body, nozzle และ cap ออกจาก salt solution filter housing 7) ล้าง atomiser body และ nozzle ในน้ำที่ไหลผ่าน 8) ถ้า nozzle อุดตันต้องทำความสะอาดหรือใช้เส้นลวดขจัดออก <p><u>หมายเหตุ การประกอบ Salt Spray Atomiser</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) หมุน atomiser body และ nozzle เข้าไปที่ filter housing โดยมี rubber 'O' ring อยู่ที่ปลายของ filter housing 2) หมุน atomiser cap เข้าไปที่ atomiser body และ nozzle โดย washer seal อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง 3) ต่อ compressed air inlet housing 4) ต่อ atomiser และ filter 5) เปิดสวิทช์พร้อมใช้งาน <p style="text-align: center;">การสอบเทียบ</p> <p><u>ข้อกำหนดของเครื่องมือ</u></p> <p>ผลทดสอบสุดท้ายขึ้นอยู่กับ flow rate ดังนั้นจึงดำเนินการสอบเทียบในส่วนของอุณหภูมิ และ ปริมาตรของกระบอกตวง เท่านั้น</p> <p><u>ช่วงการใช้งาน</u> 35 องศาเซลเซียส, 0-20 ml.</p> <p><u>ช่วงการปรับเทียบ</u> 35 องศาเซลเซียส, 0-20 ml.</p> <p><u>ความถี่ในการปรับเทียบ</u> ทุก 1 ปี</p> <p><u>ผู้ดำเนินการปรับเทียบ</u> หน.ส่วน RD1 หรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย</p> <p><u>วิธีการสอบเทียบ</u></p> <p>1. การสอบเทียบด้านอุณหภูมิ</p> <p><u>อุปกรณ์การสอบเทียบ</u></p> <p>- เทอร์โมมิเตอร์ที่ได้มาตรฐาน</p> <p><u>วิธีการ</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ทำการ purge ให้น้ำเกลือออก เพื่อเตรียมเปิดฝาเครื่อง 2. ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน ไว้ใกล้ sensor ตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องมือ 3. ปิดฝาเครื่อง ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการสอบเทียบ 4. รอจนกระทั่งอุณหภูมิของ salt spray นี้ แล้วจึงอ่านค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน และบันทึกค่า 			

ชื่อเอกสาร	คู่มือการใช้งาน การสอบเทียบและตรวจสอบระหว่างใช้งาน	เอกสารหมายเลข	TLA-T002
บริษัท ABC Company Limited		ทบทวนครั้งที่	0 ชุด A
		วันที่	15/3/52
ทบทวนโดย	อนุมัติโดย	หมวด	เครื่องมือทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน
			หน้า
			9/9

2. การสอบเทียบด้านปริมาตร

ดำเนินการสอบเทียบตามหัวข้อ "Volumetric Ware"

เกณฑ์การตัดสิน

- ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิ ไม่เกิน +/-1 องศาเซลเซียส
- ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิ ไม่เกิน +/-2 เปอร์เซ็นต์

การรายงานผล

ทวนสอบผลการสอบเทียบใน RD-F053

ถ้าผลผ่าน-ติดป้ายแสดงสถานะ RD-F012 ที่เครื่องมือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 การทดสอบหาข้อผิดพลาดครั้งที่ 1

วันที่	รหัสชิ้นงานทดสอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้น	จำนวนชั่วโมงที่หยุด เครื่องทดสอบ (ชม.)	จำนวนชิ้นงาน ทดสอบที่เสียหาย	ผู้บันทึก
2/9/2008	SST-08-015 ,SST-08-016	แผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนเตรียมแผ่น	-	2 แผ่น	อรอนงค์
2/9/2008	SST-08-21,022,033, 034, 035	รอยกรีดไม่ถึงผิวโลหะ		5 แผ่น	อรอนงค์
3/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	ค่า pH สูงกว่ามาตรฐาน (7.25)	-	-	อรอนงค์
4/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	ความหนาแน่น (ความเข้มข้น)ค่าสูงกว่า มาตรฐานกำหนด	-	-	อรอนงค์
4/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	ค่า pH สูงกว่ามาตรฐาน (7.31)	-	-	อรอนงค์
4/9/2008	SST-08-015, 016, 017, 018, 019,021, 022	เครื่อง SST หยุดทำงาน	5 hr.	7 แผ่น	อรอนงค์
5/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	ความหนาแน่น (ความเข้มข้น)ค่าสูงกว่า มาตรฐานกำหนด	-	-	อรอนงค์
5/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	ค่า pH สูงกว่ามาตรฐาน (7.28)	-	-	อรอนงค์
5/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	พนักงานซึ่งเกลือน้ำหนักไม่ถึงจากที่กำหนด			อรอนงค์
5/9/2008	SST-08-025,SST-08-029	เครื่อง SST หยุดทำงาน	12 hr.	2 แผ่น	อรอนงค์
7/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	ค่า pH ต่ำกว่ามาตรฐาน (6.48)	-	-	อรอนงค์
8/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	ค่า pH ต่ำกว่ามาตรฐาน (6.44)	-	-	อรอนงค์
8/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	พนักงานซึ่งเกลือเกินน้ำหนักจากที่กำหนด			อรอนงค์
8/9/2008	030, 033, 034, 035, 038, 040, 041, 042	เครื่อง SST หยุดทำงาน	17 hr.	8 แผ่น	อรอนงค์
9/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	พนักงานซึ่งเกลือเกินน้ำหนักจากที่กำหนด			อรอนงค์
11/9/2008	SST-08-014 ถึง SST-08-054	ค่า pH ต่ำกว่ามาตรฐาน (6.47)	-	-	อรอนงค์
11/9/2008	SST-08-046, 049, 051, 052	เครื่อง SST หยุดทำงาน	8 hr.	4 แผ่น	อรอนงค์
13/9/2008	SST-08-014,020, 023, 024 (ตามใบ)	พนักงานวิเคราะห์ผลผิด	-	17 แผ่น	อรอนงค์

1.2 การทดสอบหาข้อผิดพลาดครั้งที่ 2

วันที่	รหัสชิ้นงานทดสอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้น	จำนวนชั่วโมงที่หยุดเครื่อง ทดสอบ (ชม.)	ชิ้นงาน ทดสอบที่	ผู้บันทึก
13/9/2008	SST-08-063 ,SST-08-067	แผ่นทดสอบเกิดสนิมก่อนเตรียมแผ่น	-	2 แผ่น	อรอนงค์
13/9/2008	SST-08-064, 077, 080	รอยกรีดไม่ถึงถึงผิวโลหะ		3	อรอนงค์
13/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	ค่า pH ต่ำกว่ามาตรฐาน (6.44)	-	-	อรอนงค์
13/9/2008	SST-08-055, 056, 057, 059	เครื่อง SST หยุดทำงาน	8 hr.	4 แผ่น	อรอนงค์
15/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	ความหนาแน่น (ความเข้มข้น)ค่าสูงกว่า มาตรฐานกำหนด	-	-	อรอนงค์
15/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	ค่า pH สูงกว่ามาตรฐาน (7.28)	-	-	อรอนงค์
16/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	ความหนาแน่น (ความเข้มข้น)ค่าสูงกว่า มาตรฐานกำหนด	-	-	อรอนงค์
16/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	ค่า pH สูงกว่ามาตรฐาน (7.21)	-	-	อรอนงค์
16/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	พนักงานซึ่งเกลื่อนน้ำหนักไม่ถึงจากที่กำหนด			อรอนงค์
20/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	ค่า pH ต่ำกว่ามาตรฐาน (6.45)	-	-	อรอนงค์
20/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	พนักงานซึ่งเกลื่อนน้ำหนักจากที่กำหนด			อรอนงค์
20/9/2008	SST-08-062, 063, 064, 067, 068, 071	เครื่อง SST หยุดทำงาน	8 hr.	6 แผ่น	อรอนงค์
20/9/2008	SST-08-072, 073, 076, 077, 080, 083, 085, 088, 089, 090, 092, 093	เครื่อง SST หยุดทำงาน	19 hr.	14 แผ่น	อรอนงค์
22/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	ค่า pH ต่ำกว่ามาตรฐาน (6.44)	-	-	อรอนงค์
22/9/2008	SST-08-054 ถึง SST-08-093	พนักงานซึ่งเกลื่อนน้ำหนักจากที่กำหนด			อรอนงค์
23/9/2008	SST-08-059, 063, 064, 067, 068, 071, 073, 077, 080, 083, 085, 088, 089, 090, 092, 093	พนักงานวิเคราะห์ผลผิด	-	16 แผ่น	อรอนงค์

จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดสอบทั้งสองครั้งเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและค้นหาเปอร์เซ็นต์

ข้อผิดพลาด โดยแบ่งพิจารณาออกเป็น 2 กรณีดังนี้

- 1) เปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดที่พิจารณาที่จำนวนแผ่นทดสอบเสียหาย โดยสามารถสรุปได้ตามตารางดังนี้

ตารางสรุปข้อผิดพลาดจากการทดลอง โดยพิจารณาที่จำนวนแผ่นทดสอบเสียหาย

จำนวนแผ่นทดสอบ (แผ่น)	จำนวนแผ่นที่เกิดข้อผิดพลาด	ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น (จำนวนแผ่น)			
		แผ่นทดสอบเกิดสนิม	รอยกรีดไม่ถึงผิวของแผ่นทดสอบ	ผลผิดพลาดจากเครื่อง SST	พนักงานวิเคราะห์ผิดพลาด
80	45	4	8	45	33
(%)		5	10	56.25	41.25

จากข้อมูลในตาราง พบว่า สามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดได้ เท่ากับ

$$\frac{45}{80} * 100 = 56.25\%$$

- 2) เปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดที่พิจารณาที่จำนวนครั้งของการทดสอบที่เกิดข้อผิดพลาด โดยสามารถสรุปได้ตามตารางดังนี้

ตารางสรุปข้อผิดพลาดจากการทดลองตามจำนวนครั้งเฉลี่ย

จำนวนครั้งการทดสอบ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่เกิดข้อผิดพลาด	ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น (ครั้ง)		
		น้ำเกลือไม่ได้มาตรฐาน	ค่า pH ไม่คงที่	ชั่งน้ำหนักผิด
20	11	4	11	6
(%)		20	55	30

จากข้อมูลในตาราง พบว่า สามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดได้ เท่ากับ

$$\frac{11}{20} * 100 = 55\%$$

จากเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดทั้งจำนวนแผ่นและจำนวนครั้ง นำข้อมูลที่ได้มาทำการคัดเลือกปัญหาเพื่อนำมาหาสาเหตุและวิเคราะห์ปัญหาและทำการปรับปรุงต่อไป โดยใช้แผนภูมิพาเรโตในการคัดเลือกปัญหา ตามรูปที่ 3.7 และ 3.8 ในบทที่ 3 โดยใช้ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในตารางด้านล่างนี้ในการนำไปวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโต

กระบวนการทดสอบ	ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น	ก่อนปรับปรุง (%)
1.กระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ	แผ่นทดสอบเกิดสนิม	5
2. กระบวนการเตรียมแผ่นทดสอบ	รอยกรีดไม่ถึงผิวของแผ่นทดสอบ	8
3. กระบวนการเตรียมน้ำเกลือ	ความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่ได้มาตรฐาน	20
	ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่	55
	การชั่งน้ำหนักเกลือผิดพลาด	30
4. กระบวนการทดสอบ	ผลการทดสอบจากเครื่องทดสอบผิดพลาด	56.25
5. กระบวนการวิเคราะห์ผลการทดสอบ	พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด	41.25

1.3 ผลการรวบรวมข้อผิดพลาดหลังทำการปรับปรุง

หลังทำการปรับปรุงคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบและควบคุมข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการทดสอบ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลช่วงเดือน กรกฎาคม ถึง เดือนตุลาคม 2552 โดยใช้แบบฟอร์มเดียวกับก่อนทำการปรับปรุง สามารถสรุปข้อมูลดังตารางและเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของแต่ละกระบวนการพบว่าข้อมูลดังนี้

- 1) เปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดที่พิจารณาที่จำนวนแผ่นทดสอบเสียหายหลังทำการปรับปรุง หลังทำการปรับปรุงได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวนแผ่นทดสอบที่เสียหาย พบว่ารายละเอียดของจำนวนแผ่นและปัญหาที่ทำให้แผ่นทดสอบเสียหายแสดงในตารางดังนี้

ตารางสรุปจำนวนแผ่นทดสอบที่เสียหายหลังทำการปรับปรุง

เดือน	จำนวนแผ่นทดสอบ(แผ่น)	จำนวนแผ่นที่เกิดข้อผิดพลาด	ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น (จำนวนแผ่น)			
			แผ่นทดสอบเกิดสนิม	รอยกรีดไม่ถึงผิวของแผ่นทดสอบ	ผลผิดพลาดจากเครื่อง SST	วิเคราะห์ผิดพลาด
ก.ค.-52	38	11	1	2	9	5
ส.ค.-52	43	8	2	1	8	3
ก.ย.-52	28	14	2	3	12	2
ต.ค.-52	41	13	3	2	14	2
รวม	150	46	8	8	43	12
(%)			5	5	28.67	8

จากข้อมูลในตาราง พบว่า สามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดได้ เท่ากับ

$$\frac{46}{150} * 100 = 30.67\%$$

- 2) เปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดที่พิจารณาที่จำนวนครั้งของการทดสอบที่เกิดข้อผิดพลาดหลังทำการปรับปรุง โดยทำการเก็บข้อมูลจำนวนครั้งการทดสอบที่เกิดปัญหาขึ้นแล้วนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด สามารถสรุปได้ตามตารางดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางสรุปข้อผิดพลาดจากการทดลองตามจำนวนครั้ง

เดือน	จำนวนครั้งการทดสอบ(ครั้ง)	จำนวนครั้งที่เกิดข้อผิดพลาด	ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น (ครั้ง)		
			น้ำเกลือไม่ได้มาตรฐาน	ค่า pH ไม่คงที่	ซังน้ำหนักผิด
ก.ค.-52	31	10	6	6	0
ส.ค.-52	31	8	7	9	1
ก.ย.-52	30	7	5	4	0
ต.ค.-52	31	6	6	5	0
รวม	123	31	24	24	1
(%)			19	19	1

จากข้อมูลในตาราง พบว่า สามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดได้ เท่ากับ

$$\frac{31}{123} * 100 = 25.2\%$$

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าจำนวนข้อผิดพลาดจากการทดสอบหลังทำการปรับปรุงกรณีพิจารณาแผ่นทดสอบเสียหายเท่ากับ 30.67% และกรณีพิจารณาจำนวนครั้งที่ผิดพลาดเท่ากับ 25.2% โดยรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้นแต่ละกระบวนการสามารถสรุปข้อมูลตามตาราง ดังนี้

กระบวนการทดสอบ	ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
		(%)	(%)
1.กระบวนการควบคุมแผ่นทดสอบ	แผ่นทดสอบเกิดสนิม	5	5
2. กระบวนการเตรียมแผ่นทดสอบ	รอยกรีดไม่ถึงผิวของแผ่นทดสอบ	8	5
3. กระบวนการเตรียมน้ำเกลือ	ความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่ได้มาตรฐาน	20	20
	ค่า pH ของน้ำเกลือไม่คงที่	55	20
	การซังน้ำหนักเกลือผิดพลาด	30	1
4. กระบวนการทดสอบ	ผลการทดสอบจากเครื่องทดสอบผิดพลาด	56.25	28
5. กระบวนการวิเคราะห์ผลการทดสอบ	พนักงานวัดรอยสนิมผิดพลาด	41.25	8

2. ข้อมูลข้อผิดพลาดที่นำมาใช้ในการควบคุมกระบวนการทดสอบ โดยใช้เทคนิค FMEA ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

2.1 ก่อนทำการปรับปรุง ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม 2551 จนถึงเดือนมีนาคม 2552 โดยข้อมูลที่แสดงเป็นการสรุปปัญหาที่พบในขณะที่ทำการทดลองในแต่ละเดือน และนำมาเป็นข้อมูลในส่วนของ Occurrence ในตาราง FMEA ตารางที่ 3.13 ในบทที่ 3 และตารางที่ 5.1 ในบทที่ 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปการดำเนินการทดสอบ SST ประจำปี2551.....

วันที่	จำนวนแผ่น (แผ่น)	จำนวน ชิ้นงาน (ชิ้น)	จำนวน แผ่น + จำนวน ชิ้นงาน	จำนวน ครั้งการ เตรียม น้ำเกลือ (ครั้ง)	ปัญหาที่เกิดขึ้น																				
					การควบคุมแผ่น(แผ่น)			การเตรียมแผ่น		การเตรียมน้ำเกลือ(ครั้ง)					การชั่งน้ำเกลือผิดพลาด		การทดสอบในเครื่อง SST					การวัดผล (ครั้ง)			
					สภาวะไม่ เหมาะสม	ใช้มือ จับ บริเวณ ทดสอบ	การห่อ เก็บไม่ดี	เตรียม ครั้งละ หลาย แผ่น	ใบมีด ไม่ คม	การเตรียม แต่ละครั้ง ต่างกัน	พนักงานชั่ง เกลือไม่มี มาตรฐาน	สารเคมี ไม่ได้ มาตรฐาน	สารเคมี เสื่อม สภาพ	อุณหภูมิวัด pH ไม่ได้ มาตรฐาน	ไม่ระบุ เลข นัยสำคัญ	ไม่กำหนด เครื่องชั่ง	เครื่อง ทำงาน ไม่ ต่อเนื่อง	เครื่อง ทำงาน ผิดปกติ	วาง ชิ้นงาน ผิด	สภาวะ ไม่เป็น มาตรฐาน	สภาวะ ในห้อง ทดสอบ	เครื่อง เสียบและ หยุดนาน	วัดคน ละ ตำแหน่ง	ไม่มีวิธี มาตรฐาน ทดสอบ เป็น ต้นแบบ	แผ่น ทดสอบ เป็น ต้นแบบ
ต.ค.-51	31	11	42	31	5	0	3	1	1	7	8	6	0	4	1	0	10	6	4	14	2	5	13	6	2
พ.ย.-51	26	10	36	30	6	0	4	2	0	7	7	4	1	5	0	1	11	5	5	11	1	4	11	7	2
ธ.ค.-51	27	5	32	30	4	2	3	0	1	5	8	5	0	4	0	0	7	3	3	12	2	3	9	5	1
ม.ค.-52	24	9	33	31	5	0	2	0	0	6	7	4	0	3	0	0	8	5	2	9	2	4	10	5	0
ก.พ.-52	15	11	26	28	4	1	2	2	2	3	4	1	0	3	0	0	7	4	1	7	1	1	4	6	2
มี.ค.-52	29	7	36	31	3	1	1	0	2	4	4	2	0	4	0	0	5	2	3	5	2	2	7	4	1
รวม	152	53	205	181	27	4	15	5	6	32	38	22	1	23	1	1	48	25	18	58	10	19	54	33	8
				คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	13.17	1.95	7.32	2.44	2.93	17.68	20.99	12.15	0.55	12.71	0.55	0.55	26.52	13.81	8.78	32.04	5.52	10.50	26.34	16.10	3.90

ศูนย์วิจัยทรัพยากรชีวภาพ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 หลังทำการปรับปรุง หลังจากการออกแบบการควบคุมกระบวนการทดสอบ ได้ทำการเก็บข้อมูลปัญหาที่พบตั้งแต่กรกฎาคม ถึง เดือนตุลาคม 2552 และนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ในส่วนของ Occurrence หลังทำการปรับปรุง ในตาราง FMEA ตารางที่ 5.3 ในบทที่ 5 ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังตาราง

จากตารางพบว่าปัญหาที่ยังคงมีมากอยู่ คือปัญหาเครื่อง SST ทำงานไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสาเหตุที่สำคัญมาจากการที่ไม่สามารถควบคุมผู้เข้าถึงเครื่องมือ ในช่วงเวลาทำงานที่นอกเหนือจากเวลาทำงานปกติ ดังนั้นปัญหานี้ต้องหาแนวทางแก้ไขต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปการดำเนินการทดสอบ SST ประจำปี2552.....

วันที่	จำนวนแผ่น (แผ่น)	จำนวน ชิ้นงาน (ชิ้น)	จำนวน แผ่น + จำนวน ชิ้นงาน	จำนวนครั้ง การเตรียม น้ำเกลือ (ครั้ง)	ปัญหาที่เกิดขึ้น												
					การควบคุมแผ่น(แผ่น)		การเตรียมน้ำเกลือ(ครั้ง)				การทดสอบในเครื่อง SST						การวัดผล (ครั้ง)
					สภาวะไม่ เหมาะสม	การห่อ เก็บไม่ดี	การเตรียม แต่ละครั้ง ต่างกัน	พนักงานซึ่ง เกลือไม่มี มาตรฐาน	สารเคมี ไม่ได้ มาตรฐาน	อุณหภูมิวัด pH ไม่ได้มาตรฐาน	เครื่อง ทำงานไม่ ต่อเนื่อง	เครื่อง ทำงาน ผิดปกติ	วาง ชิ้นงานผิด	สภาวะไม่ เป็นมาตรฐาน	สภาวะใน ห้องทดสอบ	เครื่องเสียบ และหยุดนาน	
																	วัดคนละตำแหน่ง
ก.ค.-52	27	11	38	31	2	0	4	2	2	4	4	0	1	2	0	2	5
ส.ค.-52	29	14	43	31	3	2	3	4	4	5	6	0	1	0	0	1	3
ก.ย.-52	28	10	28	30	2	1	3	2	1	3	3	2	3	1	0	3	2
ต.ค.-52	31	10	41	31	2	1	5	1	3	2	6	3	0	3	1	1	2
รวม	115	45	150	123	9	4	15	9	10	14	19	5	5	6	1	7	12
					6.00	2.67	12.20	7.32	8.13	11.38	15.45	4.07	3.33	4.88	0.81	5.69	8.00

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิทยาศาสตร์พยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การควบคุมการใช้งานของเครื่อง SST

1. ตัวอย่างของการบันทึกการใช้งานเครื่องมือทดสอบ

ตารางบันทึกการใช้งานเครื่อง Salt spray Test

วัน/เดือน/ปี	ลักษณะของชิ้นงานทดสอบ	ระยะเวลาทดสอบ (ชม.)	จำนวนชิ้นงาน	วันที่ทดสอบเสร็จ	ผู้ทดสอบ/แผนก
6/1/52	แผ่นทดสอบ	42 ชม.	2 ชิ้น	9/1/52	พันจักษ์ / RD
7/1/52	แผ่นทดสอบ	280 ชม.	15 แผ่น	16/1/52	กมลภา / RD สัมพันธ์
8/1/52	แผ่นทดสอบ PR 3015 25	1000 ชม.	1 แผ่น	10/8/52	ทกกร / RD สัมพันธ์
10/1/52	PS GA07-80	1000 ชม.	1 แผ่น	22/2/52	ทกกร / RD สัมพันธ์
12/1/52	แผ่นทดสอบ 0.8 มม	140, 500 hr	7, 1 แผ่น	22/10, 3/10/52	คสิทกรร / QC
16/1/52	PE 3017 #11 (Grey)	800 hr	1 แผ่น	6/8/52	ทกกร
31/1/52	HP 2015 #1, #23	120 hr	4 แผ่น	5/9/52	ทกกร
3/1/52	PR 3003 #8	1000 hr	1 แผ่น	12/9/52	ขลุ่ย/คสิทกร
1/1/52	Green, Gray Beige	500 hr	4 แผ่น	22/8/52	ทกกร
1/1/52	PR 3056 #9	1000 hr	1 แผ่น	16/9/52	ทกกร
1/1/52	Black	48 hr	3 แผ่น	6/8/52	ทกกร
6/1/52	HP 2015 #1, #23	240 hr	1 แผ่น	16/12/52	ทกกร
8/1/52	HP 2009 #13	240 hr	1 แผ่น	12/2/52	ทกกร
8/1/52	แผ่นทดสอบ 0.8 มม	240 hr	5 แผ่น	19/2/52	คสิทกรร / QC
10/1/52	PR 3051-Black	42 hr	3 แผ่น	12/12/52	ทกกร
11/1/52	PR 3057 #9 (black)	1000 hr	1 แผ่น	22/9/52	ทกกร
15/8/52	mp 2059 #04 (white)	240 hrs.	1 แผ่น	25/8/52	ทกกร
18/8/52	แผ่นทดสอบ 0.8 mm.	48 hrs	1 แผ่น	20/8/52	อรอนงค์ (แผนกอบค.)
28/8/52	แผ่นทดสอบ 0.8 mm	240, 480 hrs	4, 2 แผ่น	7/9 - 12/9/52	คสิทกรร / QC
29/8/52	แผ่นทดสอบ/Coat 4 แผ่น	96 hrs.	4 แผ่น	1/9/52	อรอนงค์ / RD
31/8/52	แผ่นทดสอบ 0.8 mm.	240 hr	2 แผ่น	10/9/52	คสิทกรร / QC
2/9/52	PR 3051 #41 (Metalic)	240 hrs	1 แผ่น	12/9/52	ทกกร / RD
12/9/52	PR GA06-80	1000hrs	1 แผ่น	24/10/52	ทกกร / RD
12/9/52	ใช้งาน NO MAX	480hrs 1000hrs	2 ชิ้น	24/10/52	ฟรีด
12/9/52	แผ่นทดสอบ สัมพันธ์	48 hrs	3 แผ่น	12/9/52	อรอนงค์ / RD
13/9/52	แผ่นทดสอบ 0.8 มม	240hrs, 480hrs	4 แผ่น	23/9, 3/10/52	คสิทกรร / QC
14/9/52	PR 3051 #41 (Metalic)	240 hrs	1 แผ่น	24/9/52	ทกกร / RD
16/9/52	แผ่นทดสอบ 0.8 มม.	240hrs, 480hrs	2 แผ่น	26/9, 6/10/52	คสิทกรร / QC
21/9/52	แผ่นทดสอบ, ใช้งาน	-	10 แผ่น, 1 ชิ้น	-	IZA MU
22/9/52	แผ่นทดสอบ	-	10 แผ่น	-	IZA MU
28/9/52	mp FA03-80	1000 hrs	3 แผ่น	5/11/52	ทกกร
24/9/52	PR 3015 #25 (Metalic Gold)	500 hrs	1 แผ่น	15/10/52	ทกกร
26/9/52	PR 3051 #41 PR 3066 #10	500 hrs	2 แผ่น	17/10/52	ทกกร
26/9/52	แผ่นทดสอบ 0.8 มม	240hrs, 500hrs	4 แผ่น	6/10, 16/10/52	คสิทกรร
30/9/52	แผ่นทดสอบ 0.8 มม	240hrs, 500hrs	5 แผ่น	10/10, 22/10/52	คสิทกรร
2/10/52	แผ่นทดสอบ	96 ชม.	4 แผ่น	5/10/52	คสิทกร / Face to Face
12/10/52	PE FAD7-80	500 hrs	1 แผ่น	3/11/52	ทกกร
12/10/52	แผ่นทดสอบ 5 แผ่น	24 hrs	3 แผ่น	13/10/52	อรอนงค์
13/10/52	แผ่นทดสอบ	-	16 แผ่น	-	IZA MU

2. ตารางการปิด-เปิด เครื่อง SST เนื่องจากการใช้งานของเครื่อง SST ต้องทำการทดสอบเครื่องอย่างต่อเนื่อง หากมีการปิดเครื่องนานเกินไปอาจส่งผลต่อผลการทดสอบ ดังนั้นจึงต้องควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องมือ

ตารางบันทึกการเปิด-ปิดเครื่อง Salt Spray

วันเดือนปี	เวลาที่ปิด-เปิดเครื่อง	ระยะเวลาในการเปิด-ปิดเครื่อง (นาที)	สาเหตุที่ปิดเครื่อง	ผู้ใช้เครื่อง
12/9/52	09.10 - 09.25	15 นาที	เดาใหม่เร็ว	นฤทธิ
น	14.00 - 14.10	10 นาที	เอาฟิล์ม ทาสีบนฟิล์ม	อรรถพร
13/9/52	14.15 - 14.30	15 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม - 001	อรรถพร/ฉล
14/9/52	14.00 - 14.10	10 นาที	Daily check	นฤทธิ
16/9/52	17.10 - 17.20	10 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม - 001	อรรถพร/ฉล
21/9/52	17.15 - 17.25	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่	อ/ฉล
23/9/52	09.10 - 15.10	6 ชม.	เอาฟิล์มใหม่ เติมน้ำใหม่/น้ำ	นฤทธิ
24/9/52	15.00 - 15.10	10 นาที	Daily Check	นฤทธิ
25/9/52	15.00 - 15.10	10 นาที		นฤทธิ
26/9/52	10.20 - 10.30	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่ ทาสีบน	นฤทธิ
26/09/52	08.55 - 10.05	15 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม - 001	อรรถพร/ฉล
30/09/52	01.00 - 01.15	15 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม	อรรถพร/ฉล
13/10/52	01.00 - 01.10	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่ ทาสีบน	อ/ฉล
14/10/52	10.00 - 10.15	15 นาที	เอาฟิล์มใหม่ ทาสีบน	นฤทธิ/อ
14/10/52	17.10 - 17.20	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่	อ/ฉล
17/10/52	09.00 - 09.10	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่	นฤทธิ
17/10/52	15.00 - 15.10	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่ ทาสีบน	นฤทธิ
19/10/52	08.40 - 09.00	20 นาที	เอาฟิล์ม ทาสีบน	นฤทธิ
19/10/52	13.05 - 13.20	15 นาที	เอาฟิล์มใหม่ ทาสีบน	นฤทธิ
20/10/52	08.30 - 08.40	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่ ทาสีบน เติมน้ำใหม่	นฤทธิ
20/10/52	08.50 - 09.10	20 นาที	เอาฟิล์มใหม่ ทาสีบน	นฤทธิ
19/10/52	10.40 - 10.55	15 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม, 001	อรรถพร/ฉล
20/10/52	13.00 - 13.10	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่ ทาสีบน	นฤทธิ
21/10/52	08.30 - 08.40	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่	นฤทธิ
21/10/52	09.10 - 09.25	15 นาที	เอาฟิล์มใหม่	นฤทธิ
21/10/52	14.30 - 14.40	10 นาที	เอาฟิล์มใหม่ ทาสีบน	นฤทธิ
22/10/52	02.00 - 02.15	15 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม - 001	อรรถพร/ฉล
6/11/52	13.00 - 13.15	15 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม	อรรถพร
7/11/52	15.45 - 16.00	15 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม	อรรถพร
8/11/52	19.00 - 19.15	15 นาที	Check แผ่นฟิล์ม	อรรถพร
9/11/52	14.50 - 15.00	10 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม	อรรถพร
13/11/52	10.00 - 10.15	15 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม	อรรถพร
23/11/52	04.30 - 04.50	15 นาที	เอาฟิล์มทดสอบฟิล์ม - 001	อรรถพร/ฉล

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอรอนงค์ เชาวกุล เกิดเมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2525 จบการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2546 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 2550 ปัจจุบันทำงานอยู่ในส่วนงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท ทีไอเอ เฟ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย