การปรับปรุงระบบคุณภาพเชิงเทคนิคสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบโลหะวิทยา สำหรับการทดสอบสมบัติทางกลและส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน

นาย เชาวรัตน์ จั่นประดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1625-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE QUALITY SYSTEM IMPROVEMENT IN TERM OF TECHNIQUE FOR METALLURGICAL TESTING LABORATORY FOR DETERMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF HOT ROLLED STEEL SHEET IN COILS

Mr. Chaovarat Junpradub

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-17-1625-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงระบบคุณภาพเชิงเทคนิคสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบโลหะวิทยาสำหรับการทดสอบสมบัติทางกลและส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน
โดย	นาย เชาวรัตน์ จั่นประดับ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญ บุญดีสกุลโชค)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เชาวรัตน์ จั่นประดับ : การปรับปรุงระบบคุณภาพเชิงเทคนิคสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบโลหะวิทยาสำหรับการทดสอบสมบัติทางกลและส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน (THE QUALITY SYSTEM IMPROVEMENT IN TERM OF TECHNIQUE FOR METALLURGICAL TESTING LABORATORY FOR DETERMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF HOT ROLLED STEEL SHEET IN COILS)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 258 หน้า. ISBN 974-17-1625-7.

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความผันแปรของผลการทดสอบ และปริมาณทดสอบซ้ำของห้องปฏิบัติการทดสอบทางโลหะวิทยาของบริษัทตัวอย่าง โดยการปรับปรุงระบบคุณภาพเชิงเทคนิคด้วยการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดบางรายการของระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025) ทำให้เกิดการพัฒนาศึกษาวิจัยวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลและมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งมีการทดสอบหลักอยู่ 2 ส่วนคือคุณสมบัติทางกล และส่วนผสมทางเคมีของเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน ประกอบไปด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง 2 เครื่อง และเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี 1 เครื่อง

สำหรับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนแรกจะทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของห้องปฏิบัติการทดสอบก่อนประยุกต์ใช้ระบบพบว่ามีจุดที่มีค่าความผันแปรที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้แต่ต้องปรับปรุง 3 รายการ (เกณฑ์ที่กำหนดมากกว่า 10 แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30) และอยู่ในเกณฑ์ยอมรับไม่ได้อีก 3 รายการ (เกณฑ์ที่กำหนดมากกว่า 30%) รวมเป็น 6 รายการจากทั้งหมด 11 รายการ และมีปริมาณงานทดสอบซ้ำโดยเฉลี่ย 3.87% จากนั้นทำการประยุกต์ระบบที่ออกแบบไว้ตามข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 ทำให้ปริมาณทดสอบซ้ำลดลงเหลือ 1.26% ค่า P/TV ปรับตัวดีขึ้น 5 รายการ จาก 6 รายการที่ต้องการปรับปรุงดังต่อไปนี้ จุดครากตัวของเครื่องวัดความต้านทานแรงดึง RMU จาก 13.57% เป็น 12.64%, ร้อยละการยืดตัวจาก 46.77% เป็น 34.56% เครื่องวัดความต้านทานแรงดึง Zwick มีการปรับตัวของร้อยละการยืดตัวจาก 80.72% เป็น 35.98% เครื่องวัดส่วนผสมทางเคมีมีการปรับตัวของฟอสฟอรัสจาก 29.86% เป็น 11.80% และซัลเฟอร์จาก 56.36% เป็น 24.03%

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ. ..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา ……2545……ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4271420921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: QUALITY IMPROVEMENT

CHAOVARAT JUNPRADUB : THE QUALITY SYSTEM IMPROVEMENT IN TERM OF TECHNIQUE FOR METALLURGICAL TESTING LABORATORY FOR DETERMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF HOT ROLLED STEEL SHEET IN COILS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DAMRONG THAWEESANGSAKULTHAI , 258, pp. ISBN 974-17-1625-7.

The purpose of this research is reduce the measurement variable and repeat testing in laboratory of example company by improvement in term of technique. The improvement tool is applied some requirements of Laboratory accreditation system (ISO/IEC 17025). It affect to improvement of test method is correspond with international standard and reliable. Laboratory consist of 2 main fields of testing are mechanical properties and chemical composition. The main testing equipment consist of Universal testing machine 2 units and Optical emission spectrometer 1 unit.

Research methodology was started at measurement system analysis (MSA) before applied new system. The result of analysis showed that 3 items can accept but should improvement (criteria of MSA 1995 between 10% and 30 %) and 3 items can not accept (criteria of MSA 1995 is more than 30%) , totally 6 items from 11 items. In addition, repeat work is 3.87 %. Refer to apply new system according to ISO/IEC 17025 requirement, it affect to repeat testing reduce to 1.26%. P/TV of measurement were improved 5 items from 6 items as following. Universal testing machine (RMU); Yield point from 13.57 % to 12.64%, Percentage of elongation from 46.77% to 34.56%. Universal testing machine (Zwick) ; Percentage of elongation from 80.72% to 35.98%. Optical emission spectrometer ; Percentage of Phosphorus from 29.86% to 11.8% , Percentage of Sulphur from 56.36% to 24.03%.

Department.....Industrial Engineering..... Student's signature.....

Field of study.....Industrial Engineering..... Advisor's signature.....

Academic year 2002..... Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จากรองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำปรึกษา ชี้แนวทางในการศึกษาวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนคณาจารย์ที่ร่วมเป็นประธานและกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รวมถึงพนักงานทุกท่านในบริษัทที่ข้าพเจ้าได้ทำการวิจัยที่ได้ให้ความร่วมมือกับข้าพเจ้าด้วยดีเช่นกัน

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คณาจารย์ผู้ประสิทธิประสาทวิชาทุกท่าน และเพื่อนทุกคน ซึ่งสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ..... 1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 2
1.5 ทฤษฎีที่ใช้หรือแนวทางในการดำเนินงานวิจัย..... 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

2 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6
2.1 ความผันแปรในระบบการวัด..... 6
2.2 ความผิดพลาดของค่าวัด..... 9
2.3 แนวความคิดในการวิเคราะห์ระบบการวัด..... 10
2.4 แผนภูมิในการเลือกเครื่องมือในการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด..... 13
2.5 การวิเคราะห์ระบบการวัดในลักษณะสมบัติเชิงปริมาณหรือเชิงผันแปร..... 14
2.5.1 การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของระบบการวัด..... 14
2.5.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด..... 15
2.6 ระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025)..... 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 ศึกษาปัญหาด้านคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ..... 24
3.1 ศึกษากระบวนการทางธุรกิจของบริษัทตัวอย่าง..... 24
3.2 ศึกษาปัญหาด้านคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ..... 26
3.2.1 ลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบในบริษัทตัวอย่าง..... 26
3.2.2 ปัญหาเชิงเทคนิคของห้องปฏิบัติการทดสอบ..... 28
3.3 การประยุกต์ใช้ระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025) ในการลดความผันแปร..... 35
3.3.1 สาเหตุที่เกิดจากบุคคล..... 35
3.3.2 สาเหตุที่เกิดจากเครื่องวัด หรือเครื่องมือวัดในห้องปฏิบัติการทดสอบ 36
3.3.3 สาเหตุจากวัตถุดิบของการทดสอบ (ชิ้นงานทดสอบ)..... 40
3.3.4 สาเหตุจากวิธีการทดสอบ..... 41
3.3.5 สาเหตุจากสิ่งแวดล้อมในระบบการวัด..... 43

4 ออกแบบระบบของห้องปฏิบัติการทดสอบ..... 46
4.1 การทบทวนระบบเพื่อออกแบบระบบใหม่สำหรับการแก้ปัญหา..... 46
4.2 ระบบเดิมและระบบที่ออกแบบใหม่ 47
4.3 ระบบที่ออกแบบใหม่..... 55

5 การประยุกต์ใช้ระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน..... 96
5.1 รายละเอียดการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดของระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025)..... 96
5.2 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้ระบบที่ออกแบบตามข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025)..... 100
5.3 การติดตามผลการประยุกต์ใช้..... 101
5.4 ผลจากการประยุกต์ใช้..... 102
5.4.1 ปริมาณทดสอบซ้ำ..... 102
5.4.2 ความน่าเชื่อถือของผลทดสอบ..... 104

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6 สรุปผลการวิจัยพร้อมข้อเสนอแนะ..... 108
6.1 สรุปสิ่งที่ได้รับจากการออกแบบระบบ..... 108
6.2 ข้อจำกัดและอุปสรรค..... 109
6.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ..... 110
6.4 ประโยชน์ในการประยุกต์ของผลวิจัยที่ได้..... 111

รายการอ้างอิง..... 112
ภาคผนวกและเอกสารแนบ..... 113
ภาคผนวกที่ ก.1 วิธีการคำนวณค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของ
ระบบการวัดโดยวิธีค่าเฉลี่ยและพิสัยก่อนปรับปรุง..... 114
ภาคผนวกที่ ก.2 วิธีการคำนวณค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของ
ระบบการวัดโดยวิธีค่าเฉลี่ยและพิสัยหลังปรับปรุง..... 159
ภาคผนวกที่ ข.1 ข้อมูลบันทึกปริมาณการทดสอบซ้ำ และรายงานประจำเดือน
ก่อนการประยุกต์ระบบ..... 204
ภาคผนวกที่ ข.2 ข้อมูลบันทึกปริมาณการทดสอบซ้ำ และรายงานประจำเดือน
หลังการประยุกต์ระบบ..... 209
ภาคผนวกที่ ค. ตารางทางสถิติสำหรับประกอบการวิเคราะห์ระบบการวัด..... 215
ภาคผนวกที่ ง.1 คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี
(Optical Emission Spectrometer) ARL 2460 219
ภาคผนวกที่ ง.2 คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง.....
(Universal Testing Machine, RMU) 228
ภาคผนวกที่ ง.3 คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง
(Universal Testing Machine, Zwick) 235
เอกสารแนบ 1 ผังกระบวนการผลิตของบริษัทตัวอย่าง..... 253
เอกสารแนบ 2 รายการเครื่องมือของห้องปฏิบัติการทดสอบ..... 254
เอกสารแนบ 3 แผนผังของห้องปฏิบัติการทดสอบ..... 256
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 258

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 สาเหตุแห่งความผิดพลาดด้วยเครื่องมือเชิงกล..... 8
2.2 ประเภทความผันแปรในระบบการวัด..... 9
3.1 ปริมาณการทดสอบซ้ำของห้องปฏิบัติการทดสอบ..... 31
3.2 ค่าความผันแปรของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง 2 เครื่อง..... 32
3.3 ค่าความผันแปรของเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี..... 33
4.1 ประเภทของระบบตามข้อกำหนดที่ประยุกต์ใช้..... 46
4.2 การเปรียบเทียบระบบเดิมกับระบบที่ออกแบบใหม่..... 48
4.3 ความสามารถของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบ..... 59
4.4 ปัจจัยที่ต้องควบคุมในแต่ละมาตรฐานสากลเมื่อเทียบกับค่าที่ใช้อยู่ปัจจุบันของห้องปฏิบัติการทดสอบ..... 71
4.5 การคำนวณค่าเพื่อพิสูจน์ว่าวิธีการสามารถเชื่อถือได้หรือไม่..... 75
5.1 รายละเอียดการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน..... 96
5.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณทดสอบซ้ำก่อน-หลังการประยุกต์ใช้ระบบ..... 103
5.3 ผลการเปรียบเทียบค่า P/TV ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงก่อน-หลังการประยุกต์ใช้ระบบ..... 105
5.4 ผลการเปรียบเทียบค่า P/TV ของเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมีก่อน-หลังการประยุกต์ใช้ระบบ..... 106

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.1	สาเหตุแห่งความผันแปรของระบบการวัด…….…….….	7
2.2	แผนภูมิในการเลือกวิธีการในการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด…….	13
2.3	ความเที่ยงตรงและความแม่นยำของระบบการวัด……..	14
2.4	ความแปรปรวนจากความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน….	16
3.1	ผังโครงสร้างองค์กรของบริษัทตัวอย่าง……	25
3.2	ผังโครงสร้างองค์กรของห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่าง……	27
3.3	RMU A18/300 แรงทดสอบสูงสุดอยู่ที่ 300 kN……..	28
3.4	Zwick SP/400 แรงทดสอบสูงสุดอยู่ที่ 400 kN……..	28
3.5	ARL Fisions รุ่น 2460……..	29
3.6	ขั้นตอนการทำงานหลักของห้องปฏิบัติการทดสอบ…….	30
3.7	แผนผังก้างปลาแสดงการหาสาเหตุของความผันแปรของผลการทดสอบ……..	34
4.1	ระเบียบปฏิบัติงานการฝึกอบรม……..	56
4.2	ตัวอย่างคุณสมบัติเฉพาะสำหรับงาน…….	57
4.3	ตัวอย่างแบบฟอร์มบันทึกอุณหภูมิและความชื้น……..	60
4.4	ป้ายเตือนบุคคลภายนอก……	61
4.5	ตัวอย่างพื้นที่ทำงาน……..	62
4.6	การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด……..	63
4.7	ระเบียบปฏิบัติงานเรื่องการสอบเทียบในห้องปฏิบัติการทดสอบและบำรุงรักษา……	76
4.8	แผนการซ่อมบำรุง……	78
4.9	ตัวอย่างประวัติการซ่อมบำรุงของเครื่อง Milling machine……	79
4.10	ตัวอย่างการห้ามปรับแต่งเครื่องมือวัด……	79
4.11	ตัวอย่างหน้าจอใส่ Password……	80
4.12	รายการผู้รับเหมาช่วงของห้องปฏิบัติการทดสอบ……..	81
4.13	แบบฟอร์มการประเมินผู้รับเหมาช่วง……	82
4.14	รายละเอียดการจัดเก็บวัสดุอ้างอิง (SRM)……	84
4.15	ภาพถ่ายการจัดเก็บวัสดุอ้างอิง (SRM)……	84
4.16	ระเบียบปฏิบัติงานการควบคุมการบริการการทดสอบ……	85

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.17 วิธีการระบุหมายเลขชิ้นงานตัวอย่าง..... 88

4.18 ตัวอย่างแบบฟอร์มรับชิ้นงานทดสอบ..... 92

4.19 ระเบียบปฏิบัติงานการประกันคุณภาพ..... 94

4.20 แผนการประกันคุณภาพ..... 95

5.1 ขอบเขตการควบคุมเพื่อพิจารณาชิ้นงานที่จะทดสอบซ้ำ..... 103

5.2 การเปรียบเทียบร้อยละการทดสอบซ้ำที่ลดได้..... 104

5.3 การเปรียบเทียบของค่า P/TV ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง
ก่อนการประยุกต์ระบบและหลังประยุกต์ระบบ..... 105

5.4 การเปรียบเทียบของค่า P/TV ของเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี
ก่อนการประยุกต์ระบบและหลังประยุกต์ระบบ..... 106

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

ปัจจุบันในขณะที่สภาวะเศรษฐกิจอยู่ในช่วงวิกฤตการแข่งขันของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่าง ๆ อยู่ในช่วงการแข่งขันสูง เนื่องจากตลาดเป็นของผู้บริโภค ดังนั้นการแข่งขันของตัวผลิตภัณฑ์จึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับราคาเพียงอย่างเดียว แต่ปัจจัยสำคัญยังขึ้นอยู่กับคุณภาพสินค้าและความน่าเชื่อถือของตัวผลิตภัณฑ์ด้วย การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการทดสอบจึงจัดเป็นกระบวนการหนึ่งในการประกันคุณภาพอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มความน่าเชื่อถือของตัวผลิตภัณฑ์ดังกรณีศึกษาในห้องปฏิบัติการทดสอบของผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนประเภทเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ซึ่งมีหน้าที่ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานสำคัญของเหล็กแผ่นคือคุณสมบัติทางกลและส่วนผสมทางเคมี แม้ปัจจุบันห้องทดสอบของบริษัทตัวอย่างจะมีการทดสอบดังกล่าวอยู่เป็นประจำแต่ก็ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าการทดสอบดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือและมีความผันแปรมากน้อยเพียงใด การทำการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงคุณภาพเชิงเทคนิคการทดสอบหลังจากศึกษาแล้วว่าการทดสอบมีค่าทดสอบบางค่ามีความผันแปรเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งจำเป็นต้องทำการปรับปรุงคุณภาพเชิงเทคนิคโดยประยุกต์ใช้ระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025) เพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความผันแปรของงานทดสอบ และใช้เทคนิค MSA (Measurement System Analysis) เป็นเทคนิคในการประเมินการปรับปรุงทั้งก่อนและหลังการประยุกต์ใช้ระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025)

1.2 วัตถุประสงค์ :

1.2.1 สร้างเอกสารที่จะใช้เป็นแนวทางปฏิบัติงานของเครื่องมือหลัก 2 ประเภทที่ใช้ในการทดสอบเหล็กแผ่นรีดร้อน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐานต่อไป

1.2.2 เพิ่มคุณภาพทางเทคนิคของงานทดสอบ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ

1.2.3 ลดปริมาณการทดสอบซ้ำเนื่องจากคุณภาพของงานทดสอบต่ำ

หมายเหตุ : ระบบคุณภาพเชิงเทคนิคหมายถึง “ระบบที่ทำให้คุณภาพของงานทดสอบที่ออกมาภายใต้กระบวนการ หรือวิธีการที่เป็นไปตามมาตรฐานสากล หรือถูกพิสูจน์ว่าน่าเชื่อถือ รวมถึงการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ทางเทคนิคเพื่อให้ผลทดสอบที่ได้มีความถูกต้อง เชื่อถือได้”

1.3 ขอบเขตของการวิจัย :

การวิจัยนี้จะทำการศึกษาและปรับปรุงเฉพาะห้องปฏิบัติการทดสอบทางโลหะวิทยาประเภทเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนเท่านั้น ซึ่งเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ หมายถึงมีปริมาณธาตุคาร์บอนไม่เกินร้อยละ 0.25 การวิจัยจะมุ่งเน้นการปรับปรุงเฉพาะทางด้านเชิงเทคนิคการทดสอบการวิจัยจะทำการปรับปรุงเฉพาะเครื่องมือทดสอบเพียง 2 ประเภทเท่านั้นคือเครื่องทดสอบแรงดึงแบบ Universal Testing Machine 2 เครื่องมีรายละเอียดดังนี้

- RMU A18/300 แรงทดสอบสูงสุดอยู่ที่ 300 KN
- Zwick SP/400 แรงทดสอบสูงสุดอยู่ที่ 400 KN

สำหรับหัวข้อการทดสอบจะมุ่งเน้นที่ 3 หัวข้อการทดสอบคือ

ค่าต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength)

จุดคราก ตัว (Yield Strength)

ร้อยละการยืดตัว (Pencent of Elongation)

เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมีของโลหะ (Emission Optical Spectrometer) ARL Fisions รุ่น 2460 จะทำการศึกษาปรับปรุงเฉพาะ 5 ธาตุหลักจากความสามารถของเครื่อง 16 ธาตุ ดังรายการต่อไปนี้ คาร์บอน (C) , แมงกานีส (Mn) , ฟอสฟอรัส (P) , ซัลเฟอร์ (S) และอลูมิเนียม (Al)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษากระบวนการทางธุรกิจบริษัทตัวอย่าง
3. ศึกษาปัญหาด้านคุณภาพงานทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบในบริษัทตัวอย่าง
4. ออกแบบขั้นตอนการทำระบบห้องปฏิบัติการทดสอบให้ได้มาตรฐานเชิงเทคนิค ขั้นตอนโดยละเอียดจะอธิบายต่อไปในหัวข้อที่ 1.5 ทฤษฎีที่ใช้หรือแนวทางในการดำเนินงานวิจัย
5. ทดลองติดตั้งใช้งานระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. สรุปและประเมินผลระบบที่จัดทำขึ้นร่วมกับการปรับปรุงคุณภาพงานทดสอบว่าดีขึ้นหรือไม่โดยใช้เทคนิค MSA (Measurement System Analysis)
7. ทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ทฤษฎีที่ใช้หรือแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

การแก้ปัญหาของห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างเพื่อเพิ่มและประกันคุณภาพของงานทดสอบคงต้องอาศัยการประยุกต์ระบบของการรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบซึ่งใช้เป็นระบบสากลที่ใช้กันอยู่ทั่วไป คือ ISO/IEC 17025 ซึ่งแนวทางในการทำวิจัยจะอาศัยแนวในการจัดทำระบบดังกล่าวเป็นหลัก และสุดท้ายจะวัดผลการปรับปรุงของคุณภาพงานทดสอบด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) โดยสามารถแบ่งรายละเอียดเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทบทวนและวินิจฉัยว่าสถานการณ์ในปัจจุบันเป็นอย่างไร

หลังจากที่ศึกษาความต้องการของระบบ ISO/IEC 17025 ที่จะใช้ในการพัฒนาคุณภาพของระบบเรียบร้อยแล้ว จะดำเนินการต่อดังนี้

- พิจารณาว่าสถานการณ์ปัจจุบันของห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างมีปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพงานทดสอบด้านใดบ้าง
- ตรวจสอบความพร้อมของระบบงานปัจจุบันของห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทในระบบรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบ ISO/IEC 17025 ว่ายังขาดสิ่งใดบ้างที่จะทำให้สอดคล้องกับข้อกำหนด

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบและพัฒนาระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ

เมื่อทราบปัญหาและสิ่งที่ขาดที่ทำให้ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานขั้นต่อไปก็คือการออกแบบและพัฒนาระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อแก้ปัญหา และให้สอดคล้องกับข้อกำหนด โดยจะต้องมีการดำเนินการดังนี้

- สำรวจปัญหาทั้งหมดและศึกษาเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ เพื่อให้มีการแก้ปัญหาถูกต้องตามหลักวิชาการ
- จัดเอกสารและวางแผนระบบในสิ่งที่ห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างยังไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน
- ตรวจสอบเอกสารและระบบที่ออกแบบอีกครั้งหนึ่งว่าสามารถแก้ปัญหาและสอดคล้องกับความต้องการของข้อกำหนด

ขั้นตอนที่ 3 การนำไปใช้

หลังจากที่ได้ระบบที่ได้รับการออกแบบแล้วให้เหมาะสมกับห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างต่อไปก็จะเริ่มนำระบบเข้าไปใช้ โดยมีการดำเนินการดังนี้

- อบรมพนักงานให้เข้าใจในเอกสารและระบบใหม่ที่ออกแบบก่อนที่จะทดลองลงนำไปใช้จริง
- นำเอกสารและระบบที่จัดทำขึ้นเข้าไปเปลี่ยนแปลงระบบเดิมที่มีอยู่และดำเนินการใช้จริง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมิน

เมื่อระบบที่ได้ออกแบบได้ถูกใช้ไประยะหนึ่งก็จะต้องมีการประเมินระบบที่ได้ปรับเปลี่ยนใช้ไปว่าแก้ปัญหาที่กระทบกับคุณภาพของงานทดสอบ และพัฒนาระบบประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบจริงหรือไม่ โดยมีการดำเนินการดังนี้

- ประเมินด้วยการตรวจติดตามภายใน (Internal Audit) เพื่อตรวจสอบว่าระบบที่ถูกนำไปใช้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจสามารถทำได้ในทางปฏิบัติ
- จัดทำข้อมูลเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างก่อนนำระบบที่ออกแบบไปใช้กับหลังนำระบบที่ออกแบบไปใช้เพื่อดูว่าคุณภาพของงานทดสอบเพิ่มขึ้นหรือไม่ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระบบการจัด (MSA)

ขั้นตอนที่ 5 การทบทวนระบบ

เมื่อระบบที่ถูกนำไปใช้ได้รับการประเมินว่าสามารถเพิ่มคุณภาพของงานทดสอบรวมถึงเพิ่มความเชื่อมั่นในการประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ขั้นตอนสุดท้ายก็คือ นำระบบกลับมาทบทวนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้เกิดกลไกการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยดำเนินการดังนี้

- สำรวจปัญหาที่เกิดขึ้น หรือยังคงอยู่ในระบบที่ส่งผลกระทบถึงคุณภาพของงานทดสอบทั้งหมด แล้วนำมาจัดจำแนกเพื่อหาสาเหตุของปัญหา
- จัดทำแนวทางแก้ไข และป้องกันปัญหาที่ได้จากการสำรวจ รวมถึงมอบหมายผู้รับผิดชอบในการแก้ปัญหา
- ติดตามความคืบหน้าของแนวทางแก้ไข และป้องกันที่จัดทำขึ้นเป็นระยะ ๆ อย่างเหมาะสม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้างคู่มือการทำงานและรายละเอียดการปฏิบัติงานต่าง ๆ ให้กับห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่าง ซึ่งเป็นพื้นฐานของการสร้างระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐานต่อไป
2. เป็นแนวทางให้กับบริษัทที่ทำอุตสาหกรรมเหล็กแผ่นนำระบบดังกล่าวไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพงานทดสอบ เพื่อเป็นการประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง
3. ลดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากคุณภาพเชิงเทคนิคของงานทดสอบต่ำทำให้เกิดการทดสอบซ้ำบ่อยหรือการปฏิเสธของดีอันเนื่องมาจากการทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

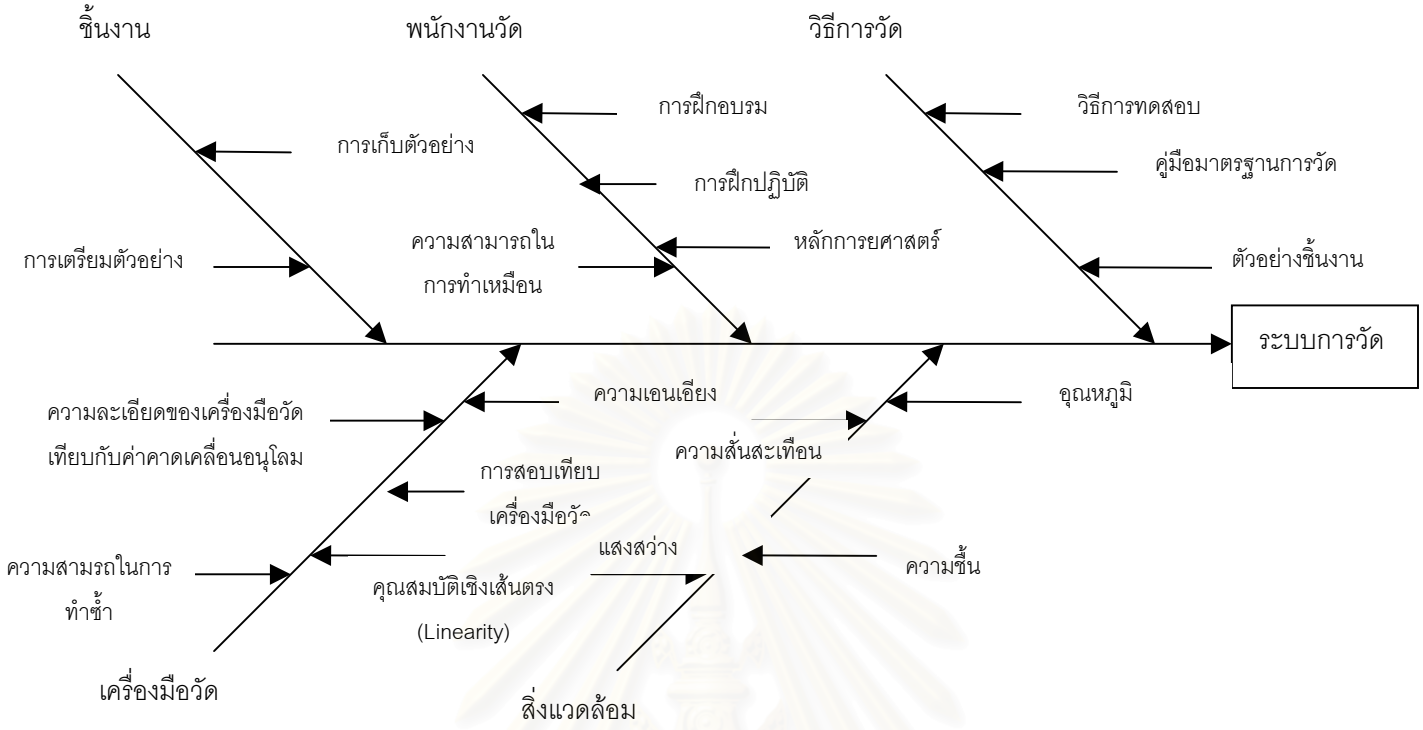
ในบทนี้จะกล่าวถึงความหมายของการวัด ความผันแปรของระบบการวัด ว่ามาจากสาเหตุใดบ้าง และแนวทางในการวิเคราะห์ระบบการวัดว่าสามารถทำได้อย่างไร รวมทั้งแนวทางในการเลือกใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ระบบการวัดที่เหมาะสม การอธิบายถึงความเที่ยงตรงและความแม่นยำของระบบการวัดและวิธีการวิเคราะห์ในรายละเอียด จากนั้นเมื่อทราบสาหตุแห่งความผันแปรสิ่งที่จะกำจัดหรือลดความผันแปรดังกล่าวได้ก็คือ จะต้องมีการควบคุมคน วิธีการ เครื่องมือวัด ชิ้นงาน และสิ่งแวดล้อม โดยใช้ระบบที่ถูกยอมรับเป็นมาตรฐานสากลคือ ระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025)

2.1 ความผันแปรในระบบการวัด

การวัด หรือ มาตรวิทยา (Eisenhart ,1963) หมายถึง การกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุเพื่อแสดงถึง ความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยคุณสมบัติเฉพาะที่กำหนด มาตรฐาน ISO10012-1 ได้นิยามความหมายของการวัดว่า ชุดของการปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาค่าของปริมาณอันหนึ่ง

จากนิยามที่กล่าวมานี้ จะพบว่า มีคำสำคัญการวัดคือ ค่าคงที่ของสิ่งที่จะได้รับการวัดซึ่งเป็นค่าที่ไม่อาจทราบค่าได้ ในทางทฤษฎีเรียกว่า ค่าจริง หรือ ค่าอ้างอิง ยังมีคำสำคัญอีกคำหนึ่งคือ การปฏิบัติการให้ค่าตัวเลข ซึ่งหมายถึง กระบวนการวัดหรือระบบการวัดโดยมีองค์ประกอบคือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด วิธีการวัด สิ่งที่ได้รับการวัด และสิ่งแวดล้อมในการวัด เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้ก่อให้เกิดการผันแปรในระบบการวัดเสมอ

ความผันแปรในระบบการวัดที่กล่าวนี้ มาจาก 2 สาเหตุหลัก ๆ คือ สาเหตุสามัญ (Chance cause หรือ Common cause) ซึ่งค่าความผันแปรจะอยู่ในลักษณะที่มีเสถียรภาพ สามารถทำนายได้ส่วนสาเหตุที่ 2 เรียกว่าสาเหตุพิเศษ หรือสาเหตุที่ชี้บ่งได้ (Assignable cause หรือ Special cause) โดยค่าความผันแปรนี้จะไม่เสถียรและไม่สามารถทำนายได้ ดังนั้น ในการวัดเพื่อการประกันคุณภาพจึงจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจับสาเหตุพิเศษและทำการกำจัดทิ้งควบคู่ไปกับการพยายามลดการผันแปรจากสาเหตุสามัญอย่างต่อเนื่อง สาเหตุแห่งความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สาเหตุแห่งความผันแปรของระบบการวัด

จากรูป 2.1 จะเห็นได้ว่าสาเหตุแห่งความผันแปรของระบบวัด สามารถจำแนกออกได้เป็นปัจจัยหลักๆ 5 ปัจจัย อันได้แก่

1. **ชิ้นงานที่ทำการวัด** โดยความผันแปรเป็นผลมาจากวิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบ และ การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ ซึ่งชิ้นงานที่เป็นตัวแทนที่ดี ควรได้มาจากการทำงานจริงในกระบวนการ และมีค่าครอบคลุมทั้งค่าคาดเคลื่อนอนุโลมและความผันแปรของกระบวนการผลิตชิ้นงานดังกล่าว เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเป็นแทนที่ดีของระบบการวัดชิ้นงานดังกล่าง
2. **พนักงานวัด** โดยความผันแปรเป็นผลมาจากการฝึกอบรมพนักงาน และความชำนาญในการวัด ความสามารถในการทำเหมือนระหว่างพนักงานผู้ที่ทำการวัดชิ้นงานในจุดตรวจสอบเดียวกัน การเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อวัดชิ้นงาน
3. **วิธีการวัด** โดยความผันแปรเป็นผลมาจากวิธีการทดสอบ คู่มือมาตรฐานในการวัดภายในโรงงาน ตัวอย่างแสดงวิธีการวัดหรือตัวอย่างชิ้นงานผ่านและไม่ผ่าน และมาตรฐานการวัดในระดับสากลต่าง ๆ

4. **เครื่องมือวัด** โดยความผันแปรเป็นผลมาจาก ความละเอียดของเครื่องมือวัดเมื่อเปรียบเทียบกับความผันแปรจากกระบวนการผลิตชิ้นงาน ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดให้อยู่ในระดับความละเอียดมากกว่า 10 เท่าของความผันแปรของกระบวนการผลิต ความเอนเอียงของเครื่องมือวัดในการอ่านค่าคาดเคลื่อนจากค่าที่ถูกต้อง การสอบเทียบชิ้นงาน ความสามารถในการทำซ้ำของเครื่องมือวัด และคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวัด
5. **สภาพแวดล้อมในการวัด** โดยความผันแปรเป็นผลจาก ความสั่นสะเทือน อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง

จากสาเหตุทั้งหมดที่ได้กล่าวถึงเห็นได้ว่า หากไม่มีการควบคุมปัจจัยดังกล่าว ความผันแปรของระบบการวัดก็จะเกิดขึ้นอย่างไม่แน่นอน และมีความผันแปรในระดับสูง ซึ่งระบบการวัดก็จะมีค่าความผันแปรที่ไม่มีเสถียรภาพ ทำให้เกิดความไม่เชื่อมั่นในค่าวัดที่ได้ ซึ่งสาเหตุของความผันแปรดังกล่าวจะเรียกว่า สาเหตุพิเศษ ซึ่งสามารถชี้บ่งได้ และหากมีการควบคุมปัจจัยทั้งหมดดังกล่าวความผันแปรของการวัดก็จะมีความผันแปรในระดับหนึ่ง ซึ่งคงที่และสามารถควบคุมได้ โดยความผันแปรดังกล่าวจะมาจากสาเหตุสามัญเท่านั้น ดังนั้นจึงนำมาซึ่งความน่าสนในที่จะศึกษาถึงสาเหตุของความผันแปรต่าง ๆ และทำการควบคุมให้เกิด มาตรฐาน เบงคิจิ โมริยามา (2536) ได้ให้ตัวอย่างสาเหตุความผิดพลาดจากค่าที่ได้จากการวัดไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สาเหตุแห่งความผิดพลาดในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล

ประเภทของความผิดพลาด	สาเหตุ	ตัวอย่าง
1. ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด	โครงสร้างของเครื่องมือวัดหรือวิธีการใช้งาน	สเกลไม่เท่ากัน มีความสึกหรอ แรงกดที่ใช้ในการวัดเปลี่ยนแปลงไปช่วงกว้างไม่เท่ากัน
2. ความคลาดเคลื่อนจากพนักงานวัด	นิสัยของผู้วัด ระดับการฝึกฝน และทักษะ รวมถึงการฝึกอบรม	อ่านสเกลผิดพลาด และวิธีการใช้เครื่องมือมีความผิดพลาด
3. ความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยภายนอก	อุณหภูมิ แสงสว่าง ความชื้น	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้น วิธีการให้แสงสว่าง
4. ความคลาดเคลื่อนจากสาเหตุสามัญต่างๆ	ปัจจัยต่างๆ ที่ไม่สามารถควบคุมและระบุได้	สภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย หรือสภาวะจิตใจของผู้วัด

สาเหตุต่าง ๆ สามารถสรุปได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือสาเหตุสามัญ และสาเหตุพิเศษ ดังสรุปในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประเภทความผันแปรในระบบการวัด

ประเภทความผันแปร	สาเหตุความผันแปร	ตัวแบบความผันแปรของค่าวัด	การแก้ไข
ความผันแปรภายใน ● เกิดโดยธรรมชาติ ● สามารถคาดการณ์ได้	สาเหตุสามัญ (Common cause)	ค่าวัดกระจายสมมาตรรอบค่าที่ควรจะเป็น (รูปทรงปกติที่คงที่)	ลดความผันแปรด้วยการจัดการกับระบบ
ความผันแปรภายนอก ● เกิดจากปัจจัยภายนอก ● เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว ไม่สามารถคาดการณ์ได้	สาเหตุพิเศษ (Special cause)	ค่าวัดกระจายในรูปทรงและตำแหน่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้	แก้ปัญหาที่จุดตรวจวัด

2.2 **ความผิดพลาดของค่าวัด**

จากสาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า ผลการวัดจะเกิดค่าความผิดพลาดของผลการวัด (Measurement error) ในการบริหารระบบการวัดเพื่อการประกันคุณภาพ จึงมีความจำเป็นต้องพยายามทำให้ความผิดพลาดของค่าวัดมีค่าต่ำที่สุด เพื่อจะให้ค่าวัดมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงหรือค่าอ้างอิงมากที่สุด

โดยทั่วไปแล้ว อาจจำแนกประเภทของความผิดพลาดของค่าวัดออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ความผิดพลาดที่ชี้บ่งได้ เป็นความผิดพลาดเนื่องจากสาเหตุพิเศษ
2. ความผิดพลาดเชิงระบบ หมายถึง ความผิดพลาดโดยเฉลี่ยจากค่าที่วัดได้เทียบกับค่าอ้างอิง
3. ความผิดพลาดแบบสุ่ม เกิดจากสาเหตุสามัญของระบบการวัด ไม่สามารถกำจัดทิ้งได้ แต่สามารถปรับให้ค่าลดลงได้ด้วยการดำเนินการแก้ไขระบบการวัด

2.3 แนวความคิดในการวิเคราะห์ระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัดนี้มีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของผิดพลาดในระบบการวัด โดยจำแนกออกตามสาเหตุต่าง ๆ และพยายามทำการปรับปรุงให้สาเหตุของความผิดพลาดลดน้อยลงโดยการแก้ปัญหาที่สาเหตุพิเศษ โดยความผิดพลาดของค่าวัดมีทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้ และกำจัดไม่ได้ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการกำจัดปริมาณที่สามารถควบคุมได้ก่อน อันได้แก่ ความผิดพลาดจากสาเหตุที่ชี้บ่งได้ ด้วยการสร้างมาตรฐานของระบบการวัดให้เกิดขึ้นเช่นวิธีการวัดมาตรฐาน จากนั้น ให้ดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือเพื่อการกำจัดความผิดพลาดเชิงระบบ โดยในการสอบเทียบเพื่อการลดและกำจัดความผิดพลาดเชิงระบบนี้ จำเป็นต้องพิจารณาใน 3 ประเด็นหลัก คือ

1. ขนาดของความไม่แน่นอนของค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว
2. ประเภทของข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความไม่แน่นอน
3. วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนที่ได้

โดยปกติแล้ว ในการประเมินความไม่แน่นอนในการสอบเทียบนี้ จะแสดงในรูของค่าความผิดพลาดสมบูรณ์ (Absolute error) และความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative error) โดยที่

ความผิดพลาดสมบูรณ์ = $X - \mu$

ความผิดพลาดสัมพัทธ์ = $(X - \mu) / \mu \times 100\%$

หลังจากกำจัดความผิดพลาดเชิงระบบแล้ว จะมีการลดความผิดพลาดแบบสุ่มด้วยการประเมินถึงแหล่งความผันแปรต่าง ๆ ทั้งจากเครื่องมือวัด พนักงานวัด ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อค่าวัด โดยมีองค์ประกอบดังนี้

ค่าวัด (Xij) = ค่าจริงของงาน (μ) + คาความเอนเอียง (b)
+ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านชิ้นงาน (αI)
+ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านพนักงาน (β_j)
+ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุร่วมของชิ้นงานกับพนักงาน ($\alpha\beta)_{ij}$
+ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุแบบสุ่ม (ε_{ij})

จะได้ค่าความแปรปรวนของค่าวัด (Measurement variation) ว่า

$$\sigma^2 x = \sigma^2_{\alpha} + \sigma^2_{\beta} + \sigma^2_{\alpha\beta} + \sigma^2$$

ดังนั้น การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) จะเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดจากค่าวัดที่ได้เพื่อแยกแหล่งความแปรปรวนออกเป็นชิ้นงาน (Part-to-Part Variation ; PV) พนักงานวัด (Appraiser Variation ; AV) ความแปรปรวนร่วม (Interaction Variation ; IV) และแหล่งผันแปรอื่น ๆ ที่ไม่สามารถควบคุมโดยธรรมชาติ ซึ่งโดยปกติจะมีแหล่งความแปรปรวนหลัก ๆ มาจากอุปกรณ์วัด (Equipment Variation ; EV)

เมื่อมีการวิเคราะห์ถึงความแปรปรวนจากระบบการวัด จะทำการเปรียบเทียบกับค่าค่าเคลื่อนอนุโลม (Tolerance) หรือความแปรปรวนจากกระบวนการผลิต (Manufacturing process variation) ซึ่งโดยปกติแล้วต้องพยายามทำให้ความแปรปรวนจากระบบการวัดน้อยกว่าข้อกำหนดเฉพาะ และความแปรปรวนจากกระบวนการผลิต

Wheeler and Lyday (1984) ได้เสนอว่าในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระบบการวัดนี้ จะมีประเด็นหลักที่ต้องพิจารณา 5 ประการ

1. การพิจารณาว่า ระบบการวัดมีความสามารถในการแยกความแตกต่างที่เพียงพอหรือไม่
2. การพิจารณาว่า ระบบการวัดมีคุณสมบัติด้านความเที่ยงตรงหรือไม่ มีความเอนเอียงตลอดเวลาหรือไม่ หรือมีความมีเสถียรภาพหรือไม่
3. การพิจารณาว่า คุณสมบัติเชิงสถิติมีความสม่ำเสมอตลอดเวลาหรือไม่
4. การพิจารณาว่า คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัดหรืออุปกรณ์การวัดหรือไม่
5. การพิจารณาว่าระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจจับความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงความแปรปรวนของกระบวนการผลิต หรือไม่

Mongomery และ Runner (1994) กล่าวถึง รายละเอียดในการทดสอบความแม่นยำโดยใช้เทคนิค GR&R. ในประเด็นจำนวนชิ้นที่ใช้ในการทดสอบ และจำนวนครั้งในการวัดซ้ำในแต่ละชิ้นงานไว้ว่า ควรจะทำการทดสอบชิ้นงานหลาย ๆ ชิ้น และวัดซ้ำด้วยจำนวนครั้งที่น้อย ซึ่งจะดีกว่าการวัดชิ้นงานน้อยชิ้นด้วยการวัดซ้ำมาก ๆ ด้วยเหตุผล 3 ประการดังนี้

1. ความแปรปรวนของค่าวัดของชิ้นงานที่มีค่าวัดอยู่ในช่วงค่ากลางอาจมีค่าไม่เท่ากับชิ้นงานที่มีค่าวัดอยู่ในช่วงขอบเขตค่าคาดเคลื่อนอนุโลมบนหรือล่าง ดังนั้นการวัดชิ้นงานหลาย ๆ ชิ้น จะมีโอกาสที่จะครอบคลุมความผันแปรเหล่านี้ได้มากกว่า

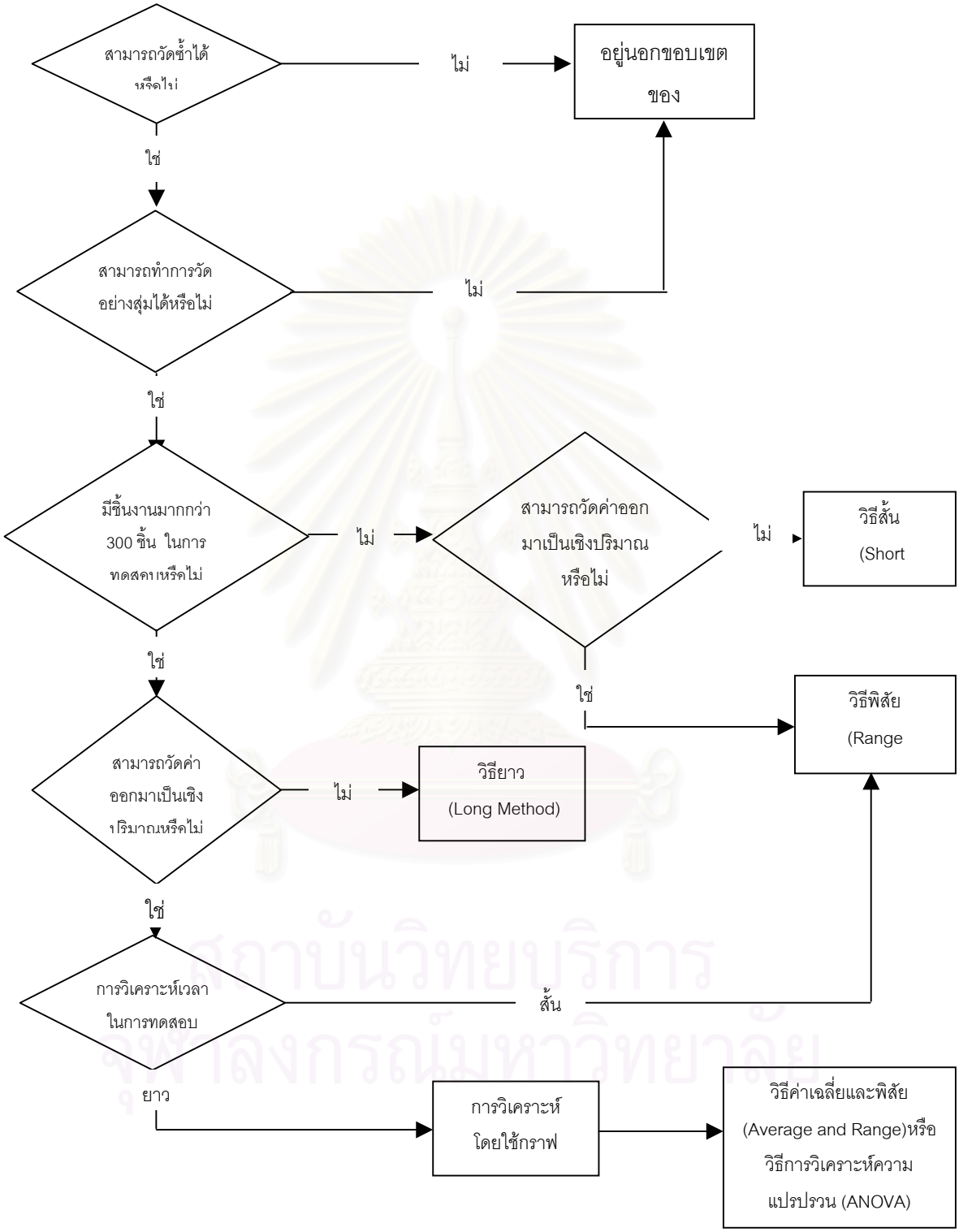
2. ค่าความแปรของค่าวัดอาจมีค่าไม่คงที่ โดยขึ้นอยู่กับระดับของค่าเฉลี่ยของค่าวัดที่ได้ ซึ่งอาจไม่สามารถตรวจนับได้หากทำการวัดชิ้นงานน้อยชิ้น ซึ่งสามารถทำการสังเกตได้จากการพล็อตค่าพิสัยบนกราฟ โดยเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยของค่าวัดชิ้นงาน
3. การวัดซ้ำ ๆ บนชิ้นงานน้อยชิ้นงาน จะไม่สามารถทำให้การทดสอบมีการเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ (Complete Replication of Measurement Process) ซึ่งทำให้ค่าความแปรปรวนที่น้อยกว่าความเป็นจริง

Kenneth (1997) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ของพนักงานจากความเชี่ยวชาญที่มากขึ้น กับการวิเคราะห์ระบบการวัดไว้ว่า ควรใช้พนักงานที่มีการฝึกอบรมอย่างเชี่ยวชาญเท่านั้นในการทดสอบ ไม่เช่นนั้นอาจต้องทำการทดสอบซ้ำหลายรอบจากความแปรปรวนที่มีค่ามาก ทีมีสาเหตุจากมี่พนักงานขาดความชำนาญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 แผนภูมิในการเลือกเครื่องมือในการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

ในการพิจารณาเลือกเครื่องมือทดสอบในการวิเคราะห์ระบบการวัด จะใช้แผนภูมิดังรูปที่ 2.2



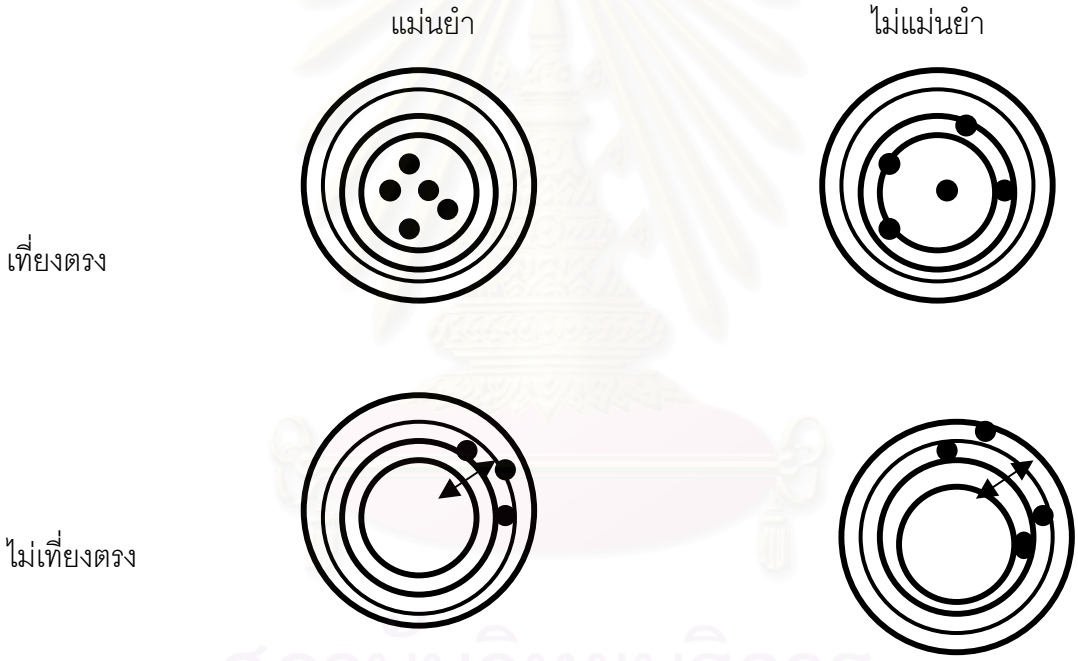
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 แผนภูมิในการเลือกวิธีการในการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

(ดัดแปลงจาก AIAG 1995)

2.5 การวิเคราะห์ระบบการวัดในลักษณะสมบัติเชิงปริมาณหรือเชิงผันแปร

คุณสมบัติของระบบการวัดจุดตรวจสอบเชิงปริมาณ สามารถแสดงผลออกมาเป็นความเที่ยงตรง และความแม่นยำของค่าวัดสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความเที่ยงตรงและความแม่นยำของระบบการวัด

จากรูปดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ความถูกต้องจะหมายถึงการที่ได้ค่าวัดโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงในขณะที่ค่าความแม่นยำ จะหมายถึง การได้ค่าวัดจากการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งที่ใกล้เคียงกัน

2.5.1 การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของระบบการวัด

สามารถแบ่งออกได้เป็นคุณสมบัติ 3 ประการคือ ค่าความเอนเอียง (Bias) ค่าเสถียรภาพของระบบการวัด (Stability) ค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

(Linearity) สำหรับการตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงผันแปร ในงานวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้ไม่เน้นที่การศึกษาความเที่ยงตรงเนื่องจากทางโรงงานได้ปฏิบัติอยู่เป็นประจำตามแผนการสอบเทียบเครื่องมือวัดอยู่แล้ว

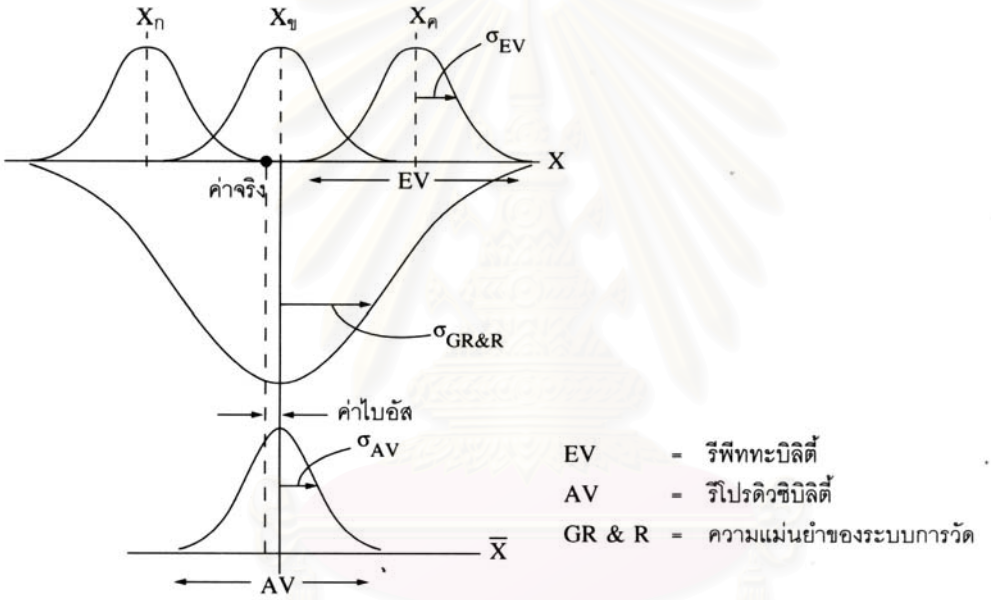
2.5.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

ความแม่นยำของระบบการวัดจะแสดงออกทางค่าความผิดพลาดแบบสุ่ม ซึ่งหมายถึง ความผิดพลาดที่ข้อมูลกระจายอย่างสุ่มรอบค่าจริงค่าหนึ่ง พบว่าความผิดพลาดนี้มีสาเหตุมาจาก 3 แหล่งด้วยกันคือ สาเหตุจากชิ้นงาน สาเหตุจากพนักงานหรืออุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานเพื่อการวัด และสาเหตุแบบสุ่ม

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้ว สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน โดยที่ ความสามารถในการทำซ้ำของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน และด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่า ความสามารถในการทำซ้ำ ในการประมาณค่าความแปรปรวนของระบบการวัดในระยะสั้น ส่วน ความสามารถในการทำเหมือนของระบบการวัด หมายถึงค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของผลการวัดในงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือชิ้นเดียวกัน แต่ต่างพนักงานหรือต่างอุปกรณ์จับยึด และโดยปกติจะใช้ค่าความสามารถในการทำเหมือน ในการประมาณค่าความแปรปรวนของระบบการวัดในระยะยาว อาจจะกล่าวอย่างสั้น ๆ ได้ว่า ความสามารถในการทำซ้ำ คือความแปรปรวนภายในเงื่อนไขของการวัด โดยเงื่อนไขที่กล่าวถึงนี้อาจจะหมายถึง พนักงานวัด กะงาน อุปกรณ์ยึดจับ และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม

ในการประมาณค่า ความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน ของระบบการวัด จะใช้วิธี เทคนิคความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในกาทำเหมือน (Gage Repeatability and Reproducibility หรือ เทคนิค GR&R) หมายถึง การประเมินผลค่าแปรปรวนอันเนื่องมาจากการวัดค่า

ของชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขไป โดยสามารถแสดงรูปภาพของความแปรปรวนแต่ละประเภทดังในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงความแปรปรวนจาก ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน (ดัดแปลงจาก กิตติศักดิ์ (2542))

จากรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำโดยรวมของระบบการวัดซึ่งแสดงโดยรูปโค้งปกติคว่ำ ซึ่งแสดงค่าโดยใช้สัญลักษณ์ $\sigma_{GR\&R}$ ซึ่งมาจากระบบการวัดที่มีพนักงานวัด 3 คน คือ นาย ก นาย ข และนาย ค วัดชิ้นงานโดยใช้อุปกรณ์วัดชิ้นเดียวกัน จากความแปรปรวนรวมดังกล่าว หากแยกย่อยพิจารณาพบว่าวามารถแยกออกเป็นความแปรปรวนจากอุปกรณ์การวัด (Equipment Variation:EV) ซึ่งก็คือค่าความสามารถในการทำซ้ำของเครื่องมือวัดโดยใช้สัญลักษณ์ σ_{EV} และความแปรปรวนจากค่าวัดที่แตกต่างกันของพนักงานทั้ง 3 คน (Appraiser Variation) ซึ่งก็คือค่าความสมารถในการทำเหมือนของพนักงาน โดยใช้สัญลักษณ์ σ_{AV}

2.5.2.1 การวางแผนเพื่อศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือนของระบบการวัด

ในการศึกษาถึงความแปรปรวนของระบบการวัด ในรูปแบบของ ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน มีความจำเป็นที่ต้องเริ่มต้นจากขั้นตอนการวางแแผนการศึกษาโดยมีประเด็นพิจารณาดังนี้

1. วิธีการและเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นสิ่งที่สำคัญต่อความผิดพลาดทางด้านความเที่ยงตรง โดยปกติแล้วจะต้องมีการสอบเทียบก่อนการศึกษาความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน
2. จำนวนพนักงานที่ใช้ในการศึกษาโดยใช้เทคนิคความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน จะต้องมีการพิจารณาว่า มีพนักงานที่เกี่ยวข้องในระบบการผลิตจำนวนเท่าใด สำหรับโรงงานกรณีศึกษาจะสุ่มพนักงานจำนวน 5 คน ที่ผ่านการฝึกอบรมด้านการทดสอบมาแล้วมาเป็นผู้ทดลอง
3. จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา โดยปกติควรใช้ที่ 10 ตัวอย่าง หรือพยายามให้ (จำนวนของสิ่งตัวอย่าง) x (จำนวนของพนักงานวัด) มากกว่า 15
4. จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยทั่วไปจะมีการกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น
5. วิธีการลดความแปรปรวนภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษาจำเป็นต้องพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อให้การประมาณค่า ความสามารถในการทำซ้ำ มีความถูกต้อง

6. วิธีการประเมินผล ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน เท่าที่มีการอ้างอิงถึงใน MSA (1995) มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่
   - วิธีพิสัย (Range Method)
   - วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)
   - วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance Method : ANOVA)

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะใช้วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย เนื่องจากสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดจากค่าความสามารถในการทำซ้ำได้ ทำให้สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือนแยกออกจากกันได้ อันเป็นการกำจัดข้อเสียของวิธีค่าพิสัย และไม่ใช้วิธีการการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพราะไม่มีความสงสัยว่าจะมีความแปรปรวนร่วมระหว่างชิ้นงานกับพนักงานวัดหรืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อการวัด

2.5.2.2 วิธีการทดสอบค่าความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย

รายละเอียดของวิธีการมีดังขั้นตอนดังต่อไปนี้

<u>สำหรับเครื่อง Tensile</u>

1. วิธีการและเวลาที่จะสอบเทียบเครื่องมือวัด ต้องมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด ควรให้พนักงานทุกคนมีความเข้าใจกระบวนการสอบเทียบและดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ
2. จำนวนพนักงานวัดที่ใช้ในการศึกษา GR&R ในการทดลองนี้ต้องการศึกษาผล Reproducibility ซึ่งเกิดจากพนักงานวัดหลายคน จึงทำการเลือกพนักงานปฏิบัติการอย่างสุ่มมา 5 คน
3. จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา การทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบแบบทำลาย แต่ในที่นี้สมมติให้ชิ้นงาน 2 ชิ้นใกล้เคียงกันจึงถือเสมือนเป็นการทดสอบแบบไม่ทำลายเพื่อใช้อ้างอิงในทฤษฎีการคำนวณ

4. จำนวนครั้งที่วัดซ้ำสำหรับตัวอย่างแต่ละชิ้นใช้วิธีวัดซ้ำเท่า ๆ กัน เรียกว่า Balance Diagram ในที่นี้กำหนดชิ้นละ 1 ครั้ง 2 ชิ้น/Coil/คน/เครื่อง รวมทั้งหมด 30 ชิ้น/เครื่อง ซึ่งเพียงพอต่อการคำนวณ

5. การประเมินผล Repeatability & Reproducibility

5.1 ทำการวิเคราะห์ค่า Repeatability (โดยทั่วไปมักแทนด้วยค่าความผันแปรของอุปกรณ์วัด – Equipment Variation ; EV)

$$EV = 5.15\ R''/d2$$

ค่า EV ที่ได้เป็นค่าความผันแปรในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้

5.2 จากนั้นให้ทำการวิเคราะห์ค่า Reproducibility (โดยทั่วไปมักแทนด้วยค่าความผันแปรของพนักงานวัด - Appraiser Variation ; AV)

$$AV = \sqrt{(5.15\ R(x')/d_2)^2 - EV^2/nr}$$

โดย n = จำนวนชิ้นงานที่พนักงานวัดแต่ละคนทำการวัด

r = จำนวนซ้ำที่พนักงานแต่ละคนทำการวัดชิ้นงานแต่ละชิ้น

d_2 = ค่าคงที่การประมาณค่าด้วย R ตามตารางด้านท้าย

จากสมการข้างต้นสังเกตได้ว่าในการประมาณ σ_{AV} มีการเฉลี่ยออก Repeatability สิ่งตัวอย่างออกไปแล้ว (พิจารณาจากค่า R (x)) แต่การที่มีการปรับค่าด้วย EV^2/nr ถือเป็นการเฉลี่ยออกค่า Repeatability ของกระบวนการวัด (หรือประชากร) ออกไป เพื่อให้การประมาณค่า Reproducibility มีความถูกต้องยิ่งขึ้น และถ้าค่าที่ได้มีค่าติดลบแสดงว่าค่า Reproducibility มีค่าน้อยมากเพื่อเปรียบเทียบกับ Repeatability จึงให้ประมาณการให้ AV = 0

5.3 เมื่อได้ค่าความผันแปรทั้ง EV และ AV แล้วจะคำนวณ GR&R ได้จากผลรวมของความผันแปรทั้งสองคือ $GR\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$

ในกรณีที่ค่า EV>AV แสดงว่าอาจมีสาเหตุมาจาก

- เครื่องมือวัดมีสภาพสึกหรอต้องการการบำรุงรักษา
- เครื่องมือวัดออกแบบมาให้มีความยืดหยุ่นมากเกินไป
- อุปกรณ์การยึดจับชิ้นงานยืดหยุ่นมากเกินไป ต้องทำการออกแบบใหม่หรือบำรุงรักษาให้ดีขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับกรณีค่า AV>EV แสดงว่ามีสาเหตุมาจาก

- วิธีการใช้เครื่องมืออาจยังมีการกำหนดโดยทักษะของพนักงานวัดมากเกินไป จึงจำเป็นต้องทบทวนวิธีการ หรือฝึกอบรมให้มีความเข้าใจยิ่งขึ้น
- การสอบเทียบทำไม่ดีพอ
- การจับยึดของพนักงานวัดไม่ดีพอ ต้องนำอุปกรณ์พวกจับยึดมาช่วย

5.4 พิจารณาระบบการวัดว่ามีคุณภาพเพียงพอต่อการประเมินความผันแปรระหว่างชิ้นงานหรือไม่ โดย X-R Chart หากค่า X ของข้อมูลมีการกระจายตัวอยู่นอก UCL และ LCL บ้างหมายความว่าระบบการวัดนี้สามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ (ค่า A_2 ที่ใช้ในการคำนวณค่า UCL LCL มาจากตารางด้านท้าย)

5.5 ทำการประเมินความผันแปรได้จากค่า TV โดย

TV = ความผันแปรโดยรวม (Total Variation)

$= \sqrt{(GR\&R^2 + PV^2)}$

$PV = 5.15\ R_p/d_2^*$

ค่า d_2^* คือค่าคงที่การประมาณค่าด้วย R ตามตารางด้านท้าย

5.6 จากนั้นให้ทำการคำนวณ P/T และ P/TV เพื่อการตัดสินใจและดำเนินการแก้ไขต่อไป

P/T = GR&R / (USL – LSL) * 100%

P/TV = GR&R / ความผันแปรของกระบวนการ *100%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สำหรับเครื่อง Spectrometer</u>

1. สุ่มเลือกพนักงาน 5 คน ที่สามารถใช้เครื่อง Optical Emission Spectrometer ได้
2. เลือก Coil จำนวน 3 ลูก แล้วตัดมาทำการทดลอง Coil ละ 3 ชิ้น
3. ให้พนักงานทำการวิเคราะห์หา Chemical Composition ของ Coil โดยเน้น Scope ไปที่ 5 ธาตุหลักคือ C, Al, S, P, Mn

4. นำผลการทดลองดิบไปทำการคำนวณหา % ความผิดพลาดโดยใช้วิธี GR&R แบบค่าเฉลี่ยและพิสัย
5. สรุปผลการทดลองที่ได้ว่าอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้หรือไม่

หมายเหตุ : สำหรับสมการต่างๆ ที่ใช้คำนวณค่าจะใช้ในการวิเคราะห์เช่น GR&R,P/TV ฯลฯ เหมือนกับการทดสอบ Tensile ดังแสดงไว้แล้วข้างต้น

เมื่อมีการประเมินค่าความแปรปรวนของ ความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน แล้วจะต้องมีการประเมินผลเปรียบเทียบกับความแปรปรวนที่ยอมให้ ซึ่งจะเป็นค่าคลาดเคลื่อนอนุโลม เรียกว่า อัตราส่วนความแม่นยำต่อค่าคาดเคลื่อนอนุโลม (Precision-to-Tolerance Ratio หรือ P/T) หรือเทียบกับค่าความแปรปรวนจากกระบวนการ เรียกว่า อัตราส่วนความแม่นยำต่อความแปรปรวนรวม (Precision-to-Total Variation หรือ P/TV) สำหรับระบบการวัดที่ใช้ในการวัดเพื่อตรวจจับความแปรปรวนในกระบวนการ โดยที่

$$P/T = GR\&R / (USL - LSL) \times 100\%$$

และ $$P/TV = GR\&R / \text{ความแปรปรวนของกระบวนการ} \times 100\%$$

ตามมาตรฐาน AIAG (1995) กำหนดเกณฑ์การยอมรับค่า ความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน ไว้ดังนี้

P/T หรือ P/TV < 10% สามารถยอมรับความสามารถระบบการวัดได้

10% $\leq$ P/T หรือ P/TV < 30% อาจจะยอมรับได้ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่ายในการวัดตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ฯลฯ

P/T หรือ P/TV $\geq$ 30% ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้มีความจำเป็น ต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปร แล้วทำการลดหรือกำจัดทิ้ง

2.6 ระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด และทราบสาเหตุแห่งความผันแปรของระบบการวัด สิ่งที่เราจำเป็นต้องทำต่อไปคือ ปรับปรุง และรักษาระดับความแม่นยำของระบบการวัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาเครื่องมือที่จะมาลดหรือกำจัดสาเหตุแห่งความ

ผันแปร และรักษาระบบความแม่นยำนั้นไว้ จากการสำรวจระบบที่ใช้กันอย่างสากลหรือแพร่หลายก็พบว่าระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025) มีข้อกำหนดหรือหัวข้อที่จะใช้จัดการสาเหตุแห่งความผันแปรที่ระบุได้จากเทคนิค MSA ไว้อย่างครบถ้วน ซึ่งมีหัวข้อทั้งหมดดังต่อไปนี้

Management Requirement

4.1 องค์กร (Organization)

4.2 ระบบคุณภาพ (Quality system)

4.3 การควบคุมเอกสาร (Document control)

4.4 การทบทวนข้อตกลง (Review of request, Tender contract)

4.5 การจ้างเหมาช่วงการทดสอบ (Subcontracting of test / Calibration)

4.6 การจัดซื้อสินค้าและบริการ (Purchasing service and supplies)

4.7 การให้บริการลูกค้า (Service to the client)

4.8 ข้อร้องเรียน (Complaints)

4.9 การควบคุมงานทดสอบที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด (Control of nonconforming test / Calibration)

4.10 การปฏิบัติการแก้ไข (Corrective action)

4.11 การปฏิบัติการป้องกัน (Preventive action)

4.12 การควบคุมบันทึก (Control of records)

4.13 การตรวจติดตามภายใน (Internal audits)

4.14 การทบทวนการบริหาร (Management review)

Technical Requirement

5.1 การดำเนินการด้านวิชาการ (General)

5.2 บุคลากร (Personal)

5.3 สถานที่และสภาวะแวดล้อม (Accommodation and Environmental conditions)

5.4 วิธีการทดสอบ และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (Test and calibration methods and method validation)

5.5 เครื่องมือ (Equipment)

5.6 การสอบกลับได้ของการวัด (Measurement traceability)

5.7 การชักตัวอย่าง (Sampling)

5.8 การจัดการตัวอย่างทดสอบ (Handling of test and calibration items)

5.9 การประกันคุณภาพผลการทดสอบ (Assuring the quality of test and calibration items)

5.10การรายงานผลการวิเคราะห์และการทดสอบ (Reporting the results)

โดยรายละเอียดในแต่ละหัวข้อข้างต้นดังแสดงในภาคผนวก โดยจากหัวข้อข้างต้นในการทำการวิจัยครั้งนี้จะเลือกเฉพาะหัวข้อที่นำมาประยุกต์ใช้แล้วสามารถจัดการสาเหตุแห่งความผันแปรที่ทางห้องปฏิบัติการทดสอบที่กำลังศึกษาประสบอยู่ได้ โดยจะไม่นำข้อกำหนดทั้งหมดมาประยุกต์ใช้ เนื่องจากจุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์เพียงแต่ต้องการปรับปรุงคุณภาพของงานทดสอบ ไม่ได้ต้องการทำระบบเพื่อขอการรับรอง โดยหัวข้อที่ทำการปรับปรุงดังจะแสดงต่อไปในบทที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
ศึกษาปัญหาด้านคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ

เพื่อให้สามารถดำเนินการให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ จำเป็นต้องมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่ครบถ้วน และนำไปสู่การทำวิจัยอย่างมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนการศึกษาความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา ชิ้นงานที่เลือกมาทำการทดสอบ จุดตรวจสอบ และวิธีการตรวจสอบของชิ้นงานดังกล่าว หลังจากนั้นทำการกำหนดวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด แล้วทำการทดสอบ ทำการวิเคราะห์ผล รวมทั้งนำเสนอวิธีการปรับปรุง และทำการทดสอบอีกครั้งหนึ่ง หากความสามารถของระบบการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ทางทฤษฎีกำหนด ก็ทำการระบุเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานตามข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025

3.1 ศึกษากระบวนการทางธุรกิจของบริษัทตัวอย่าง

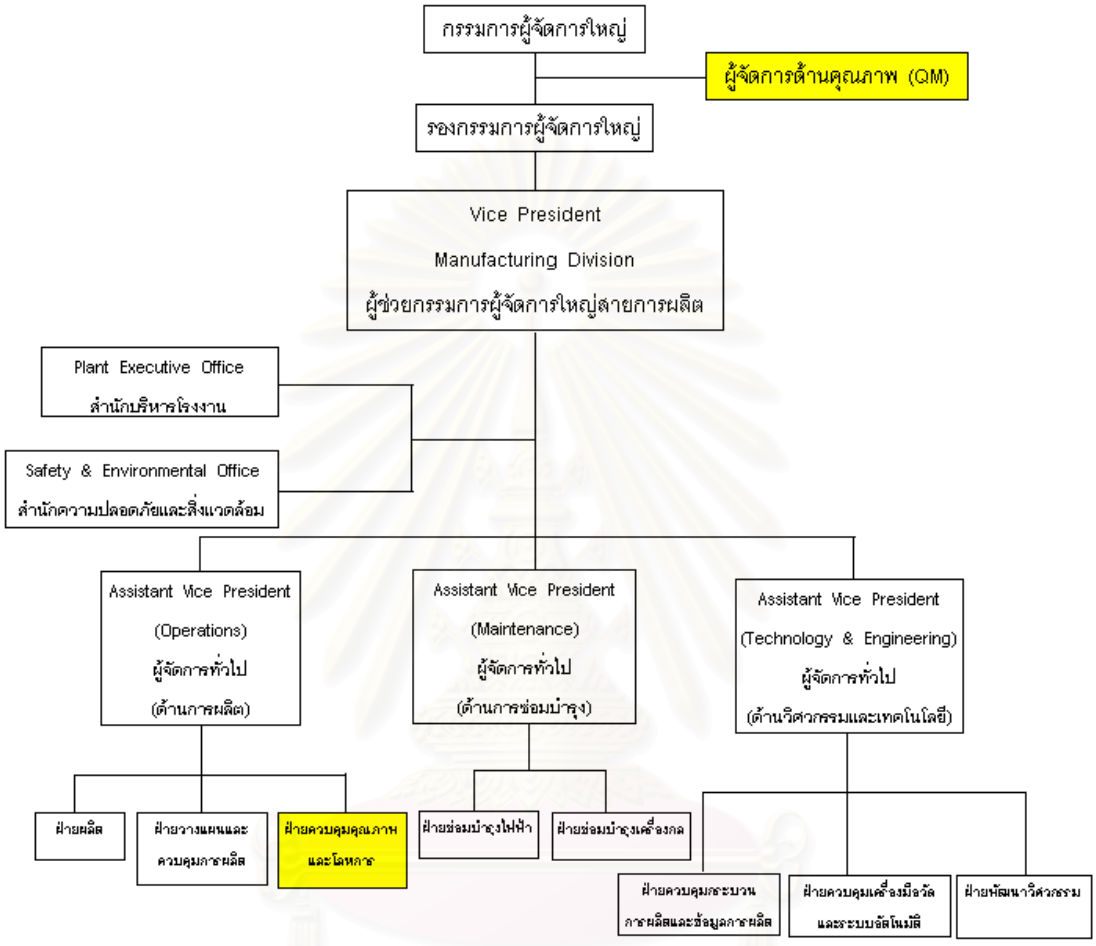
1. การศึกษาตำรา บทความในวารสาร และมาตรฐานระบบบริหารคุณภาพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์รวมทั้งรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับโรงงานกรณีศึกษา

   1.1 ข้อมูลจำเพาะของโรงงานตัวอย่าง

   ปัจจุบันบริษัทตัวอย่างมีลักษณะธุรกิจคือ ผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนขนาดความหนาตั้งแต่ 1.2 – 12.7 ม.ม. ความกว้าง 900 – 1550 ม.ม. ออกจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งเหล็กแผ่นรีดร้อนเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลาย ๆ อย่าง อาทิเช่น เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กรูปพรรณทั่วไป ถังก๊าซ ตู้คอนเทนเนอร์ ท่อ ฯลฯ โดยมีผังโครงสร้างการบริหารงานซึ่งแบ่งเป็นส่วนของที่สำนักงานกรุงเทพฯ และโรงงานในต่างจังหวัดดังรูปที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 ผังโครงสร้างองค์กรของบริษัทตัวอย่าง



ปัจจุบันบริษัทได้ทำกิจกรรมการเพิ่มผลผลิต (Productivity improvement activity) และลดจำนวนของเสียด้วยการตั้งกลุ่มทำงานเฉพาะ และกิจกรรมลดต้นทุน (Cost Reduction Activity) ด้วยการเข้าร่วมโครงการการเทคโนโลยีสะอาด (Cleaning Technology) ทำให้บริษัทมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ.2539 ผู้บริหารของบริษัท ได้กำหนดนโยบายคุณภาพเพื่อเข้ารับการรับรองคุณภาพ ISO 9002 และก็ได้รับการรับรองในปี พ.ศ.2540 รวมถึงบริษัทยังได้รับการรับรองระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14001 ในปี พ.ศ.2543 นอกจากนั้นบริษัทยังมีนโยบายต่อเนื่องในการจัดทำระบบคุณภาพอื่น ๆ เช่น TIS 18000 และ ISO/IEC 17025 ซึ่งเป็นระบบการประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบที่จะนำมาใช้เป็นเทคนิค

ในการสร้างระบบเพื่อพัฒนาคุณภาพของงานทดสอบ อันส่งผลถึงความน่าเชื่อถือในตัวผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาใช้เป็นหัวใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้

รูปแบบการดำเนินธุรกิจของบริษัทปัจจุบัน คือ โรงงานผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนจากเหล็ก แท่งแบน (Slab) โดยเหล็กแท่งแบนที่เป็นวัตถุดิบนั้นนำเข้ามาจากต่างประเทศ อาทิ เช่น ออสเตรเลีย ยุโรป จีน และ ญี่ปุ่น ฯลฯ โดยมีรายละเอียดของกระบวนการผลิต ดังแผนภาพและคำบรรยายที่แสดงไว้ในเอกสารแนบ 1 โรงงานผลิตเหล็กรีดร้อนชนิดม้วนตั้งอยู่บนเนื้อที่ 994 ไร่ ในเขตอำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีพนักงานของโรงงานอยู่ 631 คน และลูกจ้างในส่วนของผู้รับเหมาอีก 140 คน (ไม่รวมพนักงานที่สังกัดอยู่ที่สำนักงานกรุงเทพฯ) กำลังการผลิตของโรงงานอยู่ที่ ~ 200,000 ตัน/เดือน หรือ ~ 2,400,000 ตัน/ปี

3.2 ศึกษาปัญหาด้านคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ

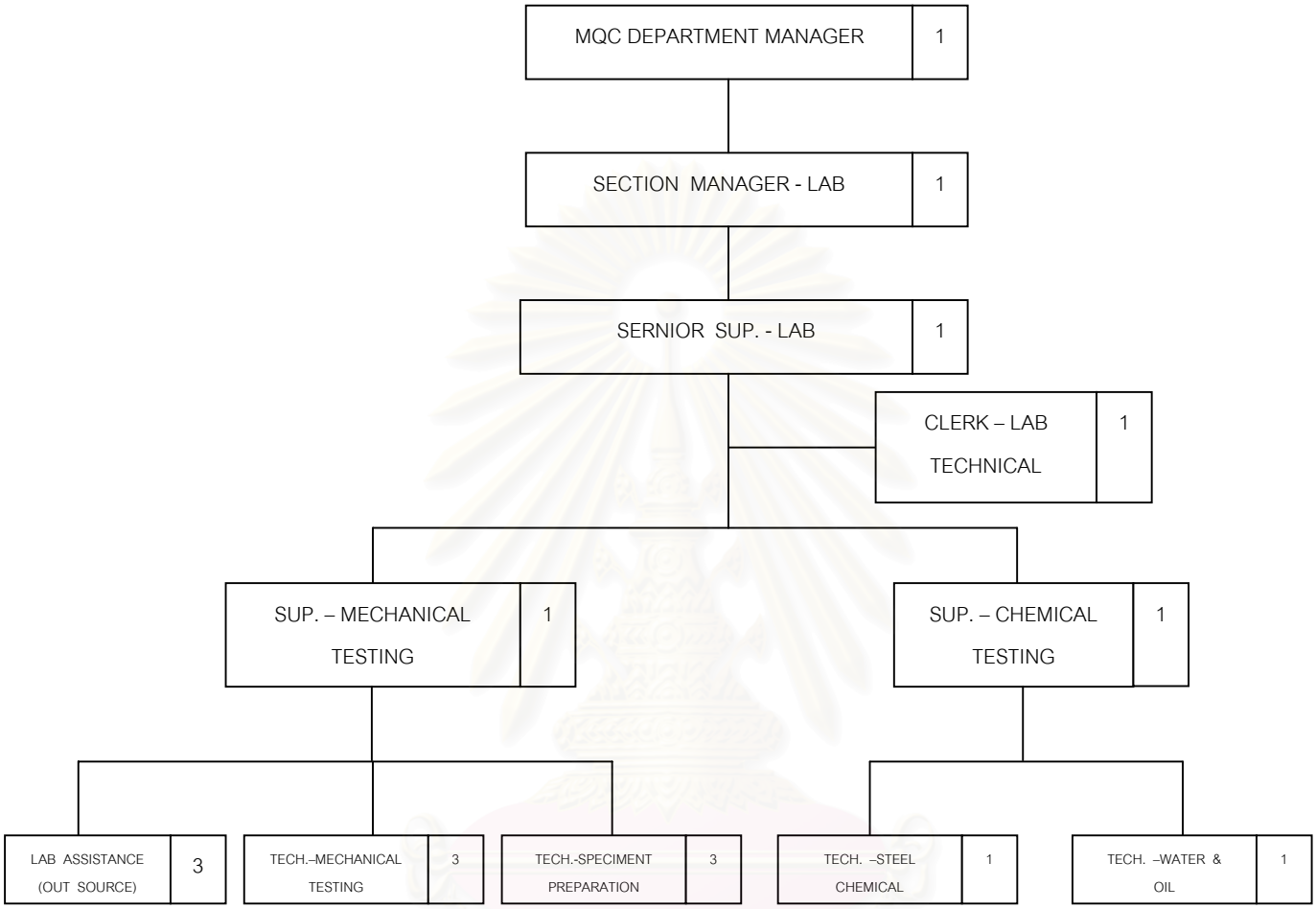
3.2.1 ลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบในบริษัทตัวอย่าง

ห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างมีหน้าที่หลักในการทดสอบเพื่อยืนยันว่าผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ โดยจะมีการจัดจำแนกออกเป็นของดี ของเสีย รวมถึงการปรับเปลี่ยน Spec. ตามผลการทดสอบจริงอีกทั้งยังมีหน้าที่ในการสนับสนุนฝ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาจากเครื่องมือ และความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ โดยปัจจุบันการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างนั้นแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 4 ประเภท

1. การทดสอบคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์
2. การทดสอบส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์
3. การทดสอบโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์
4. การทดสอบคุณภาพน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ปัจจุบันห้องปฏิบัติการทดสอบมีเจ้าหน้าที่อยู่ทั้งหมด 17 คน โดยมีรายละเอียดของสายการบังคับบัญชา และอัตราตำแหน่งแผนผังองค์กรของห้องปฏิบัติการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ผังโครงสร้างองค์กรของห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่าง



ห้องปฏิบัติการทดสอบประกอบไปด้วยเครื่องมือทั้งที่ใช้ทำการทดสอบโดยตรงและสำหรับเตรียมชิ้นงานทดสอบดัง 4 ประเภทการทดสอบข้างต้นทั้งหมด 37 รายการดังรายละเอียดในเอกสารแนบ 2

ห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างเป็นอาคารที่อยู่ใกล้กับสายการผลิต แต่แยกออกมาจากสายการผลิตเป็นอาคาร 2 ชั้น โดยรายละเอียดของแผนผังของห้องปฏิบัติการทดสอบดังแสดงในเอกสารแนบ 3

3.2.2 ปัญหาเชิงเทคนิคของห้องปฏิบัติการทดสอบ

จากขอบข่ายการทดสอบทั้งหมด 4 ประเภทการตัดสินใจเลือกส่วนที่จะนำมาวิจัยนั้น พิจารณาจากเครื่องมือทดสอบหลักที่ใช้เป็นประจำในการรับรองคุณภาพสินค้า ซึ่งก็คือเครื่องทดสอบแรงดึง และเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก ซึ่งจัดอยู่ในประเภทที่ 1 และ 2 ตามลำดับจากที่กล่าวมาข้างต้น สำหรับรายละเอียดของเครื่องทดสอบที่จะนำมาศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ดังแสดงในภาพต่อไปนี้

1. Universal Testing Machine อยู่ในกลุ่มการทดสอบทางกลของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.3 RMU A18/300 แรงทดสอบสูงสุดอยู่ที่ 300 kN

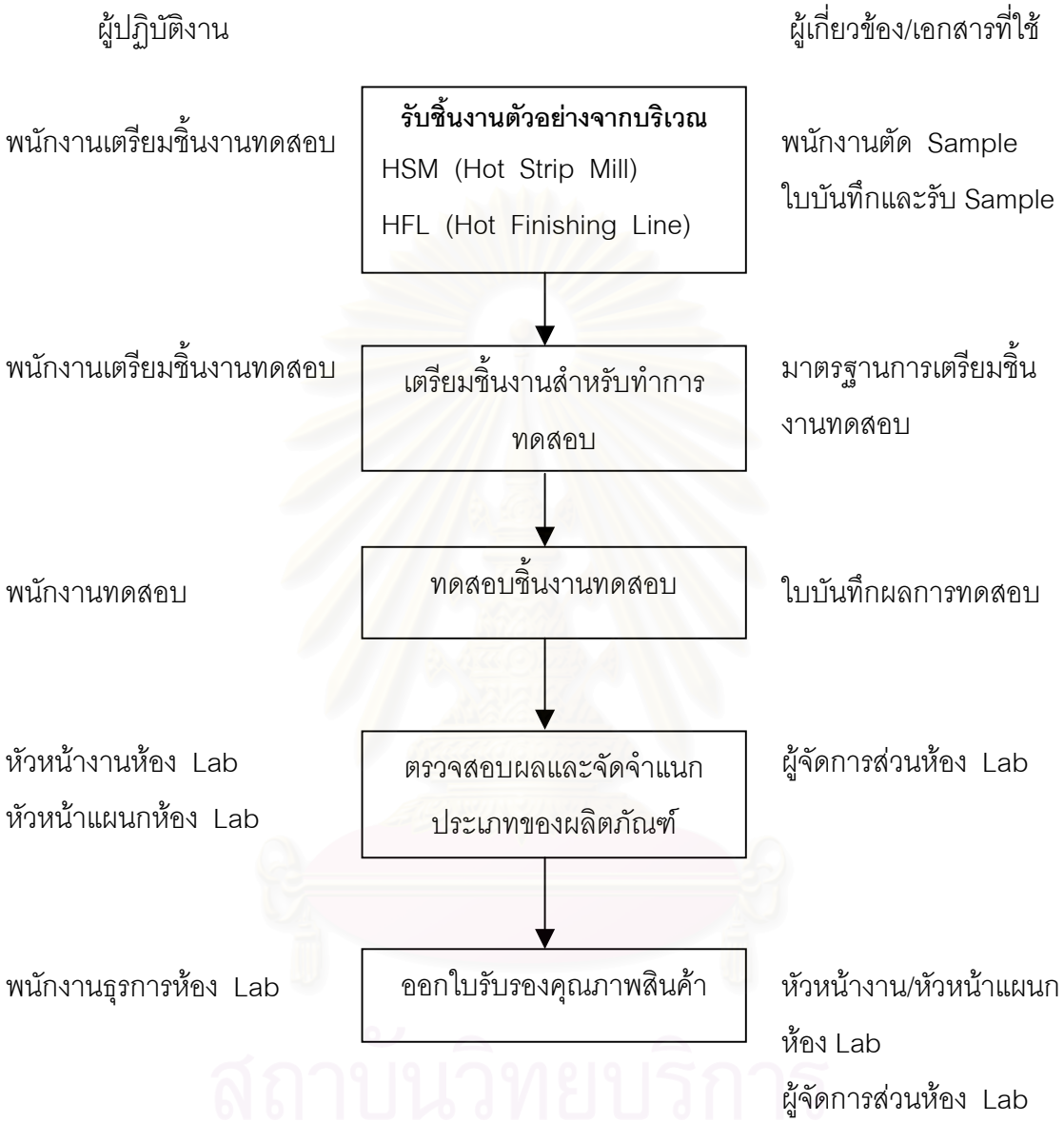
รูปที่ 3.4 Zwick SP/400 แรงทดสอบสูงสุดอยู่ที่ 400 kN

2. Optical Emission Spectrometer อยู่ในกลุ่มการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ARL Fisions รุ่น 2460

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับขั้นตอนการทำงานหลักของเครื่องมือทดสอบทั้ง 2 แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทำงานหลักของห้องปฏิบัติการทดสอบ

สาเหตุที่ต้องเลือกทำใน 2 รายการเครื่องทดสอบนี้เนื่องจาก

1. เป็นเครื่องมือทดสอบหลัก ซึ่งโดยมากไม่ว่าจะเป็นเหล็กชั้นมาตรฐานใดต้องใช้เครื่องมือทั้ง 2 ประเภทนี้ในการทดสอบเพื่อประกันคุณภาพสินค้า
2. เมื่อมีปัญหาผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรืออยู่ใกล้กับเกณฑ์มาตรฐานจำเป็นต้องทดสอบซ้ำ ก็จะต้องผ่านการทดสอบซ้ำจากเครื่องมือดังกล่าว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยปัจจุบันปัญหาส่วนใหญ่ของห้องปฏิบัติการทดสอบก็อยู่ที่ประมาณทดสอบซ้ำจากเครื่องมือทั้ง 2 ประเภทมีปริมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากเมื่อผลทดสอบออกนอกเกณฑ์มาตรฐานจำเป็นต้องนำมาทดสอบซ้ำ เนื่องจากไม่แน่ใจในความน่าเชื่อถือของผลทดสอบดังแสดงดังตารางที่ 3.1

เดือน	จำนวนการทดสอบทั้งหมด	จำนวนทดสอบซ้ำ	ร้อยละของทดสอบซ้ำ
มกราคม 2544	571	30	5.25
กุมภาพันธ์ 2544	655	29	4.42
มีนาคม 2544	696	28	4.02
เมษายน 2544	106	2	1.89
พฤษภาคม 2544	172	19	11.05
มิถุนายน 2544	319	20	6.27
กรกฎาคม 2544	320	7	2.19
สิงหาคม 2544	313	9	2.88
กันยายน 2544	333	18	5.41
ตุลาคม 2544	310	15	4.84
พฤศจิกายน 2544	423	13	3.07
ธันวาคม 2544	532	23	4.32
มกราคม 2545	834	38	4.56
กุมภาพันธ์ 2545	672	39	5.80
มีนาคม 2545	521	28	5.37
เมษายน 2545	496	16	3.23
พฤษภาคม 2545	672	10	1.49
มิถุนายน 2545	487	15	3.08
กรกฎาคม 2545	535	8	1.50
สิงหาคม 2545	646	6	0.93
กันยายน 2545	249	9	3.61
รวม	9862	382	3.87

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณการทดสอบซ้ำของห้องปฏิบัติการทดสอบ

จากปริมาณการทดสอบซ้ำดังกล่าวถือเป็นสิ่งที่เป็นปัญหากับห้องปฏิบัติการทดสอบค่อนข้างมากเนื่องจาก

1. เสียงบประมาณในการทดสอบซ้ำ
2. เสียเวลาในการทดสอบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลถึงการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าไม่ได้ตามกำหนดเวลา
3. มีโอกาสที่จะส่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานให้ลูกค้า

จากข้อมูลการทดสอบซ้ำดังตารางที่ 3.1 ในเบื้องต้นสันนิษฐานว่ามีสาเหตุมาจากความผันแปรของระบบการวัดของเครื่องมือทดสอบทั้ง 2 ในปัจจุบัน จึงตัดสินใจที่ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดปัจจุบันเพื่อตรวจสอบผันแปรรวมของเครื่องมือทั้ง 2 ประเภทที่จะทำการศึกษาอยู่ในเกณฑ์รับได้หรือไม่เพื่อยืนยันผลการสันนิษฐานในเบื้องต้น พร้อมทั้งระบุแหล่งที่มาของความผันแปรว่ามาจากแหล่งใดบ้าง โดยวิธีการทดลองได้มีการกล่าวถึงไว้แล้วในบทที่ 2 ซึ่งหลังจากได้ทำการทดลองตามขั้นตอนดังกล่าวได้ผลสรุปดังตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าความผันแปรของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง 2 เครื่อง

เครื่อง	หัวข้อการทดสอบและความผันแปร					
	ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด		จุดคราก ตัว		ร้อยละของการยืด	
	GR & R	P/TV	GR&R	P/TV	GR & R	P/TV
RMU A18/300	19.77	4.58	60.79	17.38	8.19	46.77
Zwick SP/400	15.23	3.35	24.32	7.44	24.12	80.72

หมายเหตุ : = รับได้แต่ควรปรับปรุง = ยอมรับไม่ได้ต้องปรับปรุง

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าความผันแปรของเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี

เครื่อง	หัวข้อการทดสอบและความผันแปร									
	คาร์บอน		แมงกานีส		ฟอสฟอรัส		ซัลเฟอร์		อลูมิเนียม	
	GR&R	P/TV	GR&R	P/TV	GR&R	P/TV	GR&R	P/TV	GR&R	P/TV
ARL Fision 2460	0.011	3.27	0.017	0.96	0.008	29.86	0.011	56.36	0.0101	11.48

หมายเหตุ : = รับได้แต่ควรปรับปรุง = ยอมรับไม่ได้ต้องปรับปรุง

สำหรับรายละเอียดเช่นข้อมูลดิบและวิธีการคำนวณเนื่องจากมีรายละเอียดมากจึงได้นำไปแสดงไว้ในภาคผนวกที่ ก. 1 วิธีการคำนวณค่าความแปรปรวนของความแม่นยำระบบการวัดโดยวิธีค่าเฉลี่ยและพิสัยก่อนปรับปรุง

จากการวิเคราะห์รายละเอียดที่ทำให้ค่า P/TV > 10% ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ควรปรับปรุงและค่า P/TV > 30% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับไม่ได้ พบว่าค่าความผันแปรที่มาจากการทำ Repeatability และ Reproducibility ไม่มีนัยสำคัญไปในแนวทางใดแนวทางหนึ่ง กล่าวคือในบางค่าของการทดสอบความผันแปรที่เกิดจากเครื่องอุปกรณ์การวัดมีมากกว่าความผันแปรที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างตัวบุคคลและในบางค่ามีทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้นสาเหตุที่เกิดขึ้นมีทั้งที่เกิดจากเครื่องมือหรือตัวอุปกรณ์เอง หรือเกิดจากความแตกต่างของตัวบุคคลอันเนื่องมาจากทักษะหรือวิธีการทดสอบ

จากปัญหาดังกล่าวนี้เองทางห้องปฏิบัติการทดสอบโดยผู้จัดการส่วน, หัวหน้างาน และวิศวกรที่ดูแลห้องปฏิบัติการทดสอบจึงตกลงใจที่จะร่วมสำรวจสาเหตุของปัญหา โดยใช้แผนภาพก้างปลาเป็นเครื่องมือที่ใช้สำรวจสาเหตุของปัญหา จากการสำรวจสาเหตุของปัญหาพบว่ามีสาเหตุคล้ายคลึงกันในเครื่องมือทดสอบทั้ง 2 ประเภท ซึ่งมาจากปัจจัยพื้นฐานทำให้ผลการทดสอบขาดความน่าเชื่อถือคือมาจาก 4 M 1E ซึ่งแสดงดังแผนภาพก้างปลาดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 แผนผังก้างปลาแสดงการหาสาเหตุของความผันแปรของผลการทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการระบุสาเหตุด้วยแผนภาพก้างปลา หรือการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยเทคนิค MSA จะพบว่าสาเหตุของความผันแปรทั้งหมดของห้องปฏิบัติการทดสอบมีความสอดคล้องกัน หลังจากระบุสาเหตุของปัญหาดังแผนก้างปลาดังกล่าวแล้ว จึงมีการตกลงใจว่าจะควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหาโดยการออกแบบระบบขึ้นมาแก้ไข แต่ติดปัญหาว่าจะออกแบบระบบอย่างไรถึงจะครอบคลุม และเพียงพอที่จะกำจัดสาเหตุของปัญหาจึงนำไปสู่การหาเครื่องมือที่จะใช้เป็นคู่มือในการออกแบบระบบ ในที่สุดหลังจากทบทวนในข้อกำหนดของระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025) ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อใช้ประกันความน่าเชื่อถือของห้องปฏิบัติการทดสอบพบว่าข้อกำหนดบางข้อมีเนื้อหาสอดคล้อง และสามารถใช้ออกแบบระบบเพื่อแก้ปัญหาที่พบดังกล่าวได้ โดยมีรายละเอียดของการประยุกต์ใช้และข้อกำหนดที่เลือกมาเพื่อแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

3.3 การประยุกต์ใช้ระบบ ISO/IEC 17025 ในการลดความผันแปร

จากแผนภาพก้างปลาและการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยเทคนิค MSA จะพบจุดที่ต้องแก้ไขปรับปรุงโดยประยุกต์ใช้ข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 ดังต่อไปนี้

3.3.1 สาเหตุที่เกิดจากบุคคล

3.3.1.1 ทำงานตามความเคยชินทำให้ขั้นตอนที่ปฏิบัติงานไม่เป็นมาตรฐาน

เนื่องจากในปัจจุบันห้องปฏิบัติการทดสอบมีพนักงานทดสอบทางกลอยู่ทั้งหมด 6 คน พนักงานทดสอบทางเคมีอีก 2 คน ซึ่งจะได้รับการสอนงานจากหัวหน้างานในบางคน บางคนก็ได้รับการสอนงานจากพนักงานที่อาวุโสและแตกต่างกันกันไปในแต่ละกะ ทำให้มีวิธีการปฏิบัติงานที่แตกต่างแล้วแต่ว่าพนักงานปฏิบัติงานตามที่ได้รับถ่ายทอดมาแตกต่างกันตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาด้วยการประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.2 บุคลากร (Personnel) ในการแก้ปัญหา โดยข้อกำหนด 5.2 จะมีการกล่าวถึงข้อกำหนดรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การระบุความสามารถของพนักงาน
- การควบคุมพนักงานที่อยู่ในระหว่างการฝึกอบรมต้องถูกควบคุมดูแล
- การทดสอบด้านเทคนิคบางอย่างมีใบประกาศนียบัตร เช่น การทดสอบแบบไม่ทำลาย
- พนักงานต้องมีคุณวุฒิทั้งทางด้านการศึกษา, การฝึกอบรม, ประสบการณ์และ/หรือทักษะในการปฏิบัติ

- ผู้รับบริหารต้องมีการกำหนดเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา, การฝึกอบรมและทักษะของบุคลากรในห้องปฏิบัติการ
- พนักงานต้องมีการระบุความจำเป็นในการฝึกอบรมและจัดการฝึกอบรม
- บุคคลที่ปฏิบัติงานต้องเป็นลูกจ้างหรืออยู่ภายใต้สัญญา (ข้อตกลงและพนักงานชั่วคราวต้องอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลมีความสามารถเพียงพอและปฏิบัติตามระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ)
- มีการจัดทำหน้าที่ความรับผิดชอบสำหรับผู้บริหาร, ผู้จัดการทางด้านเทคนิค และพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ/สอบเทียบ
- ผู้บริหารต้องกำหนดอำนาจของบุคลากรที่ทำการสุ่มตัวอย่างทดสอบ/สอบเทียบ, รายงานผลทดสอบ/สอบเทียบ, ให้ความคิดเห็นและวิเคราะห์ผล
- มีการจัดเก็บประวัติของพนักงาน (รวมทั้งพนักงานที่ว่าจ้าง) โดยข้อมูลดังกล่าว ต้องสามารถเรียกดูได้และรวมทั้งบันทึกที่แสดงถึงวันที่ ที่มีการให้อำนาจและ/หรือการที่สามารถปฏิบัติงานได้

3.3.2 สาเหตุที่เกิดจากเครื่องวัด และเครื่องมือวัดในห้องปฏิบัติการทดสอบ

3.3.2.1 เครื่องจักรหรือเครื่องมือวัด ขาดการดูแลบำรุงรักษาที่ดี

เนื่องจากในปัจจุบันห้องปฏิบัติการทดสอบมีทั้งเครื่องมือที่ใช้ทดสอบและเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบที่ผ่านมาเครื่องมือทดสอบและเครื่องจักรต่าง ๆ จะรับผิดชอบในการดูแลรักษาของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบเองทั้งหมด ยกเว้นเครื่องจักรเกิด Break Down อาจต้องมีการตามผู้ชำนาญเข้ามาแก้ไขบ้างเป็นครั้งคราว ทำให้เครื่องจักรต่าง ๆ ขาดคนซ่อมบำรุงและดูแลรักษาอย่างเป็นระบบ ทำให้มีผลกับความคลาดเคลื่อนของเครื่องจักร ซึ่งอาจส่งผลถึงความแม่นยำในการเตรียมชิ้นงานทดสอบหรือในกระบวนการทดสอบเอง ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาด้วยการประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment) ในการแก้ปัญหาโดยข้อกำหนด 5.5 จะมีการกล่าวถึงข้อกำหนดในรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ห้องปฏิบัติการต้องมีเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ/สอบเทียบที่เหมาะสมรวมทั้งเครื่องมือที่ใช้สุ่มตัวอย่าง
- เครื่องมือภายนอกต้องถูกควบคุมตามมาตรฐาน

- เครื่องมือและซอฟแวร์ต้องเที่ยงตรงและมีค่าตามมาตรฐานกำหนดในการทดสอบ/สอบเทียบ
- มีแผนการสอบเทียบ
- ต้องตรวจสอบหรือสอบเทียบก่อนใช้งาน/นำมาแทนที่เพื่อให้บริการ
- เก็บรักษาบันทึก
- อุปกรณ์ถูกใช้งานโดยผู้มีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบ
  - วิธีการที่ใช้ปฏิบัติงานอยู่ต้องเป็นปัจจุบันและมีการบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ
  - มีการบ่งชี้เฉพาะสำรับอุปกรณ์
- บันทึกของอุปกรณ์ต้องรวมถึงสิ่งต่าง ๆ ดังนี้
  - ชี้บ่งอุปกรณ์และซอฟแวร์
  - ชื่อผู้ผลิต ชนิด/หมายเลขเครื่อง
  - ตรวจสอบว่าอุปกรณ์มีความสอดคล้อง
  - ที่ตั้งปัจจุบัน,ตามความเหมาะสม
  - ชื่อผู้ผลิตชนิด/หมายเลขเครื่อง
  - วันที่, ผล, สำเนารายงาน, การปรับแต่ง, ค่าเกณฑ์, การยอมรับ, วันครบกำหนดถัดไป
  - บันทึกการซ่อมบำรุงที่สมบูรณ์
  - ความเสียหาย, การทำงานผิดปกติ, การปรับเปลี่ยนหรือการซ่อม
- ระเบียบปฏิบัติที่ต้องมี
  - การดูแลที่ปลอดภัย
  - การขนย้าย
  - การจัดเก็บ
  - การซ่อมบำรุงที่มีการวางแผน
- ระเบียบปฏิบัติเพิ่มเติมอาจต้องการเพื่อใช้กับการทดสอบหรือการสอบเทียบที่สถานประกอบการ
- อุปกรณ์ที่มีความผิดพลาด, ยกเลิกการใช้งาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สามารถเข้าถึงการตวจสอบความถูกต้องของผลการทดสอบหรือสอบเทียบก่อนหน้านี้และสามารถเชื่อมโยงไปถึง " ระเบียบปฏิบัติการควบคุมงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด "
- ระบุสถานะการสอบเทียบ ซึ่งรวมถึง
  - วันที่สอบเทียบ
  - กำหนดวันสอบเทียบครั้งต่อไป
- ถ้าอุปกรณ์ " ถูกส่งออกไปใช้งานภายนอก และไม่อยู่ภายใต้การควบคุมของห้อง ปฏิบัติการ " ต้องมั่นใจว่า
  - ได้ทำการตรวจสอบสถานะการสอบเทียบและการใช้งาน
  - ผลต้องใช้ได้ก่อนนำกลับมาใช้งาน
- ต้องมีการตรวจสอบหรือทวนสอบเป็นระยะๆ ตามที่ระบุในระเบียบปฏิบัติ
- ถ้ามีการใช้ค่าแก้ หลังจากสอบเทียบต้องมั่นใจว่า ค่าแก้ได้ถูกแก้ไขอย่างถูกต้อง
- ต้องมีการป้องกันการปรับแต่งอุปกรณ์, ฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์

3.3.2.2 เครื่องมือทดสอบมีความคลาดเคลื่อนต่อเนื่องจากระยะเวลาในการ Calibrate ไม่เหมาะสม เนื่องจากในปัจจุบันถึงแม้ห้องปฏิบัติการทดสอบจะมีการ Calibrate เครื่องมือทดสอบหรืออุปกรณ์การวัดที่เกี่ยวข้อง แต่ก็เป็นแค่เพียงการทำ Calibrate เพื่อให้สอดคล้องตามระบบ ISO9002 ที่บริษัทได้รับการรับรองอยู่เท่านั้น แต่ไม่ได้มีการทบทวนถึงการ Calibrate ต่าง ๆ ที่มีอยู่มีความน่าเชื่อถือและสอบกลับได้ถึงมาตรฐานปฐมภูมิหรือไม่ รวมทั้งไม่เคยมีการทบทวนระยะเวลาที่อยู่ในแผนมีความเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งทำให้เกิดความไม่เชื่อถือในเรื่องของการ Calibrate ซึ่งอาจส่งผลกระทบถึงผลการทดสอบที่ไม่น่าเชื่อถือจากตัวเครื่องมือวัดและเครื่องมือทดสอบเอง ปัญหาดังกล่าวนอกจากจะแก้ไขโดยประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment) ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้วยังต้องประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.6 การสอบกลับได้ (Measurement Traceability) โดยมีเนื้อหาของข้อกำหนดดังต่อไปนี้ นอกจากนั้นถ้าจะแก้ปัญหาดังกล่าวต้องประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.9 เรื่อง การประกันคุณภาพของการทดสอบ

และสอบเทียบ (Assuring the quality of test and calibration items) ซึ่งในรายละเอียดของข้อกำหนดจะมีการกล่าวถึง

- ต้องมีการจัดทำโปรแกรมและระเบียบปฏิบัติสำหรับการสอบเทียบอุปกรณ์ทุกตัว
- การสอบเทียบต้องสามารถสอบกลับได้เป็นสายโซ่ต่อเนื่องอย่างสมบูรณ์สามารถเปรียบเทียบเชื่อมโยงไปถึงมาตรฐานขั้นปฐมภูมิของการวัดในหน่วย SI ได้
- เมื่อมีการใช้ห้องปฏิบัติการภายนอก ใช้เฉพาะห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน
- การสอบเทียบที่ใช้สามารถสอบกลับไปถึงระบบ SI ได้อย่างเคร่งครัด ต้องมีการจัดเตรียมดังนี้
  - ใช้วัสดุที่ได้รับการรับรอง ซึ่งจัดหาโดยผู้ขายที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของวัสดุนั้นๆ
- ใช้วิธีการทดสอบเฉพาะ/มาตรฐานที่สอดคล้องที่ได้มีการอธิบายอย่างชัดเจนและ ยอมรับโดยทุกฝ่าย
- เปรียบเทียบผลกับห้องปฏิบัติการภายนอกถ้าเป็นไปได้
- ข้อกำหนดในการสอบกลับได้จะต้องมีก็ต่อเมื่อ
  - ข้อมูลสนับสนุนจากการสอบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ ผลรวมของค่าความไม่แน่นอนในการวัดของผลการทดสอบ
  - ข้อมูลสนับสนุนแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจำเป็นต้องคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดของเครื่องมือใช้
- มาตรฐานอ้างอิง : ต้องมีโปรแกรมและระเบียบปฏิบัติสำหรับการสอบเทียบตัวมาตรฐานอ้างอิง
  - ถ้าทำการทดสอบภายนอก ต้องสอบกลับถึงมาตรฐานที่ใช้ได้
  - ไม่ได้ใช้มาตรฐานอ้างอิงในวัตถุประสงค์อื่น ไม่เช่นนั้น ต้องทำการสอบเทียบ มาตรฐานอ้างอิงก่อนและหลังการปรับ
- วัสดุอ้างอิง : ถ้าเป็นไปได้สามารถสอบกลับไปในหน่วย SI หรือเป็นวัสดุอ้างอิงที่ได้รับการรับรองแล้ว ถ้าเป็นวัสดุอ้างอิงภายในต้องได้รับการตรวจสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การตรวจสอบระหว่างช่วง : เพื่อดำรงไว้ซึ่งความมั่นใจในสถานะการสอบเทียบของมาตราฐานอ้างอิง, มาตรฐานการทำงานและการโยกย้ายจำเป็นต้องมีระเบียบปฏิบัติและแผน
- ต้องมีระเบียบปฏิบัติสำหรับการดูแลอย่างปลอดภัย, การขนส่ง, การจัดเก็บและการใช้มาตราฐานอ้างอิงและวัสดุอ้างอิง
- การใช้วัสดุอ้างอิง ที่ได้รับการรับรอง
- การเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ/การทดสอบความชำนาญ
- การทดสอบซ้ำใช้วิธีทีเหมือนหรือแตกต่างกัน
- การทดสอบหรือการสอบเทียบซ้ำของตัวอย่างที่เหลือ
- ผลของความสัมพันธ์กันระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่าง
- ข้อมูลแนวโน้มต่าง ๆ ต้องมีการบันทึก

3.3.3 สาเหตุจากวัตถุดิบของการทดสอบ (ชิ้นงานทดสอบ)

3.3.3.1 ขนาด Specimen ไม่ได้มาตรฐานเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้เตรียมชิ้นงานและขาดระบบการตรวจสอบเทียบพิกัดความเผื่อเป็นปัญหาอันสืบเนื่องมาจากการเตรียมชิ้นงานทดสอบโดยเฉพาะการเตรียมชิ้นงานทดสอบแรงดึงจำเป็นต้องมีการตัดชิ้นงานให้ได้ตามขนาดที่กำหนดไว้ในแต่ละมาตรฐาน ซึ่งจะมีพิกัดความเผื่อที่ใช้ในการควบคุมขนาดของชิ้นงานทดสอบที่ยอมรับได้ ดังนั้นถ้าเครื่องมือที่ใช้เตรียมชิ้นงานทดสอบมีความคลาดเคลื่อน ประกอบกับไม่มีการระบบการตรวจสอบพิกัดความเผื่อของชิ้นงานทดสอบหลังออกจากเครื่องตัด อาจทำให้ชิ้นงานทดสอบมีขนาดที่ออกนอกเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงกับผลการทดสอบ ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ด้วยการประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment) ซึ่งได้กล่าวถึงรายละเอียดของข้อกำหนดไปแล้วในหัวข้อก่อน ๆ นอกจากนั้นยังต้องประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.8 การดำเนินการทดสอบและสอบเทียบ (Handling of test and calibration items) ซึ่งในรายละเอียดของข้อกำหนดจะมีการกล่าวถึง

- ตัวอย่างต้องมีการชี้บ่งไม่ให้มีการสับสนเมื่อมีการขนย้ายระหว่างห้องปฏิบัติการ

- ตรวจสอบสภาพตัวอย่างที่รับเข้ามาลงบันทึกความผิดปกติต่าง ๆ ที่ตรวจพบ
- จัดทำระบบการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานทดสอบก่อนทดสอบ

3.3.3.2 การระบุ Sample ID มีโอกาสคลาดเคลื่อนเนื่องจากวิธีการยังไม่เหมาะสม เนื่องจากปัจจุบันในกระบวนการมีการตัดชิ้นงานมาจากหลายพื้นที่ เช่นจากกระบวนการรีดร้อน, กระบวนการปรับสภาพผิวและกระบวนการตัดแบ่ง ซึ่งในแต่ละกระบวนการก็จะมีเจ้าหน้าที่ในส่วนงานตรวจสอบเป็นผู้ตัด Sample ไว้ให้ แต่เนื่องจากไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานการเขียน Sample ID ที่เป็นมาตรฐานทำให้เกิดความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ทั้งในเรื่องมาตรฐานการตัด และการลงหมายเลขทั้งบนตัวของชิ้นงานและบันทึกให้มีโอกาสที่เจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการทดสอบที่ไปรับตัวอย่างสับสนและเกิดความผิดพลาดในการทดสอบ ซึ่งอาจทำให้ผลทดสอบที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากทดสอบผิดชิ้น ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันปัญหาดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.8 การดำเนินการทดสอบและสอบเทียบ (Handling of test and calibration items) ซึ่งได้มีการกล่าวถึงรายละเอียดในข้อกำหนดไปแล้วในหัวข้อปัญหาก่อนหน้านี้

3.3.4 สาเหตุจากวิธีการทดสอบ

3.3.4.1 วิธีการที่ใช้อยู่ยังไม่ถูกพิสูจน์ว่าถูกต้องตามมาตรฐานการทดสอบสากลหรือไม่ เนื่องจากที่ได้กล่าวไปแล้วนั้นว่าวิธีการทดสอบต่าง ๆ นั้นได้ถูกถ่ายทอดมาจากการ Training ซึ่งทำให้วิธีการที่ใช้อยู่ไม่ถูกทวนสอบว่าสอดคล้องกับวิธีการที่ถูกกำหนดเป็นมาตรฐาน หรือวิธีการที่กำหนดขึ้นของตามคู่มือของเครื่อง (In house method) นั้นสามารถเชื่อถือได้เช่นเดียวกันกับวิธีการที่ถูกกำหนดเป็นมาตรฐานสากลหรือไม่ ดังนั้นมีความเป็นไปได้มากที่ผลการทดสอบที่เกิดจากวิธีการที่ไม่ถูกต้องดังกล่าวข้างต้นจะส่งผลถึงผลการทดสอบที่ไม่น่าเชื่อถือตามไปด้วย ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้ด้วยการประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.4 วิธีการทดสอบ, สอบเทียบ และวิธีพิสูจน์ (Test and calibration method and method validation) ซึ่งในรายละเอียดของข้อกำหนดจะมีการกล่าวถึง

- ต้องใช้วิธีการที่เหมาะสมในการสุ่มตัวอย่าง การจัดการ การส่งมอบ การจัดเก็บ การเตรียมการ

- มีการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการจัดและใช้เทคนิคทางสถิติในการวิเคราะห์ตามความเหมาะสม
- ต้องมีการจัดทำวิธีการใช้เครื่องมือ การขนย้ายและการเตรียมการ ซึ่งถ้าไม่ปฏิบัติแล้วอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพได้
- วิธีการต่าง ๆ มาตรฐาน, คู่มือและเอกสารอ้างอิงต้องสามารถเรียกดูได้และเป็นฉบับปัจจุบัน
- ต้องใช้วิธีการฉบับที่ถูกต้องล่าสุด โดยไม่จำเป็นต้องเขียนวิธีการใหม่ แต่จำเป็นต้องมีเอกสารรายละเอียดเพิ่มเติมสำหรับบางขั้นตอนหรือบางวิธีการ
- แจ้งวิธีการที่ใช้ให้ลูกค้าทราบ โดยเฉพาะถ้าวิธีการที่วิธีการที่ลูกค้ากำหนดมาล้าสมัยหรือไม่เหมาะสมในการใช้งาน
- การแนะนำวิธีการที่พัฒนาโดยห้องปฏิบัติการต้องมีการจัดทำแผน, กำหนดบุคลากรที่มีคุณสมบัติเหมาะสมและมีทรัพยากรที่เพียงพอ และปรับแผนตามกระบวนการที่พัฒนาใหม่
- วิธีการที่ไม่ใช่มาตรฐาน คือ ได้รับความเห็นชอบจากลูกค้า
- ข้อกำหนดของลูกค้าและวัตถุประสงค์ในการทดสอบ/เสอบเทียบต้องชัดเจน
- ต้องตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำไปใช้
- การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการที่ไม่ใช่มาตรฐาน โดยต้องมีหลักฐานที่แสดงว่าตรงตามข้อกำหนด
- บันทึกผลการตรวจสอบความถูกต้องมีระเบียบปฏิบัติที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและสรุปความเหมาะสมในการใช้งาน
- มีการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า อาจจะรวมถึงความไม่แน่นอนในการวัด ข้อจำกัดของ Repeatability Reproducibility, ความมีประสิทธิผล
- ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบต้องมีระเบียบปฏิบัติในการคำนวณความไม่แน่นอนในการวัด
- ในกรณีที่มีผลกระทบต่อวิธีการทดสอบอย่างน้อยต้อง
  - ระบุปัจจัยที่มีผลต่อความไม่แน่นอนในการวัด

- ให้เหตุผลในการประเมินโดยอยู่บนพื้นฐานของความรู้ ขอบเขตของการตรวจสอบ ประสบการณ์และข้อมูลที่ถูกต้อง
- วิธีการรายงานที่เหมาะสม

- ถ้าใช้ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่รู้ค่าแล้วต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับข้อกำหนดนี้
  - ใช้วิธีการวัดที่อนุมัติแล้วในการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด
  - การคำนวณและการโอนย้ายข้อมูล ต้องถูกตรวจสอบอย่างเป็นระบบ
- เครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อัตโนมัติต้องมีการทดสอบความถูกต้องของซอฟแวร์ที่พัฒนาขึ้นเอง
- มีการป้องกันข้อมูลที่น่าเชื่อถือและเป็นความลับการจัดเก็บข้อมูล การผ่านข้อมูลและกระบวนการ
- การดูแลรักษาด้วยสถานะและการจัดการที่เหมาะสม

3.3.5 สาเหตุจากสิ่งแวดล้อมในการวัด

3.3.5.1 การควบคุมสภาวะแวดล้อมในการวัดยังไม่เหมาะสมหมายถึง ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการทดสอบได้มีกิจกรรมทดสอบทุกวัน วันละ 3 กะ ซึ่งแต่ละกะหลังจากเตรียมชิ้นงานทดสอบเสร็จก็จะเริ่มดำเนินการทันทีโดยไม่คำนึงสภาวะแวดล้อม เช่นอุณหภูมิหรือความชื้น ซึ่งมีกำหนดไว้วิธีการทดสอบรวมถึงระหว่างทดสอบ หรือพื้นที่ที่ทำการทดสอบก็ไม่มีระบบการควบคุมการเข้า-ออกที่ดี ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวล้วนส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบทั้งสิ้น ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.3 ลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบและสิ่งแวดล้อม (Accommodation and environmental) ซึ่งในรายละเอียดจะมีการกล่าวถึงสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ต้องมีการพิจารณาสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการดังนี้ แหล่งพลังงาน, แสงสว่างและสิ่งแวดล้อม
- ต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่สำคัยโดยเฉพาะการสุ่มตัวอย่างและการทดสอบหรือสอบเทียบภายนอกสถานที่
- ต้องมีการกำหนดเกณฑ์ที่มีผลกระทบต่อผลการทดสอบ/สอบเทียบเป็นเอกสาร

- ต้องมีการวัดควบคุมและบันทึกสภาพสิ่งแวดล้อมตามที่กำหนดไว้ในมาตฐานวิธีการหรือถ้าอาจมีผลต่อผลการทดสอบ
- การพิจารณาสภาพการปลอดเชื้อฝุ่น สภาพ แม่เหล็กไฟฟ้า รังสี ความชื้น แหล่งไฟฟ้า อุณหภูมิ เสียง แรงสั่นสะเทือน เป็นต้น
- ต้องหยุดการทดสอบ/สอบเทียบ เมื่อสภาพสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการรายงาน
- ต้องมีการแยกพื้นที่กับกิจกรรมอื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันการปนเปื้อน
- ต้องมีการควบคุมห้องปฏิบัติการและกำหนดขอบเขตของการควบคุม
- ต้องมีการควบคุมดูแลที่ดี

จากรายละเอียดของข้อกำหนดทั้งหมดที่จะประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาของห้องปฏิบัติการการทดสอบ จะเห็นว่าในเนื้อหาของข้อกำหนดครอบคลุม และมีการกล่าวถึงการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เพื่อลดความผันแปรอันมาจากสาเหตุต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในแผนภาพก้างปลา ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวนี้เองที่ทำให้เกิดความมั่นในว่าข้อกำหนดต่าง ๆ ที่คัดเลือกมาจากข้อกำหนดของระบบ ISO/IEC 17025 มีความสอดคล้องและเพียงพอที่จะใช้แก้ปัญหาความน่าเชื่อถือของผลทดสอบอันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคน, วิธีการ และอุปกรณ์เครื่องมือถูกจำกัดหรือควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ อย่างไรก็ตามจากรายละเอียดข้อกำหนดทั้งหมดจะพบว่ามีมาก และยากที่จะสื่อให้เข้าใจว่าจะประยุกต์อย่างไรให้เหมาะสมกับป้องปฏิบัติการทดสอบตัวอย่างมากที่สุด ดังนั้นก่อนที่จะลงในรายละเอียดคือการทบทวนระบบและการออกแบบระบบจากข้อกำหนดที่กล่าวมาอีกครั้งในบทถัดไป จึงขอสรุปอีกครั้งถึงข้อกำหนดต่าง ๆ ในภาพที่เป็นการจับเฉพาะจุดที่จะนำมาใช้จริงอีกครั้งหนึ่งดังนี้

ข้อกำหนด 5.2 บุคลากร (Personnel) ประกอบไปด้วย Training procedure และการบ่งชี้ความสามารถของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบ โดยมีระบบประเมินความสามารถของพนักงานที่จัดทำขึ้นมาใหม่ก่อนบ่งชี้ความสามารถ

ข้อกำหนด 5.3 ลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบและสิ่งแวดล้อม (Accommodation and environmental condition) มีระเบียบปฏิบัติงานเกี่ยวกับการควบคุมสภาวะแวดล้อมในการทดสอบ และมีระบบการบันทึก ติดตามอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มั่นใจได้ว่าการทดสอบถูกระทำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม รวมถึงการควบคุมสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ

ข้อกำหนด 5.4 วิธีการทดสอบ, สอบเทียบและวิธีพิสูจน์ (Test and calibration method and method validation) มีการจัดทำคู่มือปฏิบัติงานสำหรับการทดสอบเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันโดยอ้างอิงจากมาตรฐานสากล อาทิเช่น JIS หรือ ASTM สำหรับการทดสอบแรงดึง สำหรับการทดสอบค่าเคมีจะอ้างอิงวิธีการจากคู่มือการใช้งานของเครื่อง สุดท้ายมีการทำการพิสูจน์วิธีการที่ห้องปฏิบัติการทดสอบจัดทำขึ้นเอง (In house method) โดยใช้วัสดุมาตราฐานอ้างอิง (SRM) เพื่อพิสูจน์ว่าวิธีการดังกล่าวสามารถใช้ได้และไม่มีผลต่อความน่าเชื่อถือของผลทดสอบ

ข้อกำหนด 5.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment) มีการจัดทำระบบซ่อมบำรุงของอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการทดสอบรวมถึงประวัติของอุปกรณ์ทุกตัวเพื่อให้ความมั่นใจว่าอุปกรณ์หรือเครื่องจักรภายในห้องปฏิบัติการทดสอบมีความพร้อมตลอดเวลา

ข้อกำหนด 5.6 การสอบกลับได้ (Measurement Traceability)มีระเบียบปฏิบัติงานสำหรับการสอบเทียบ และมีตารางการสอบเทียบที่เหมาะสม มีระเบียบการจัดเก็บชิ้นงานตัวอย่างอย่างเหมาะสม รวมถึงการใช้บริการสอบเทียบจากภายนอก หน่วยงานนี้จะต้องมีความสามารถเพียงพอ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเทียบจะต้องอยู่สามารถสอบกลับได้ถึงการรับรองอุปกรณ์นั้น

ข้อกำหนด 5.8 การดำเนินการทดสอบและสอบเทียบ (Handling of test and calibration item) มีระเบียบการปฏิบัติงานสำหรับการทำงานตั้งแต่การรับชิ้นงานตัวอย่างจนถึงการทดสอบและบันทึกผล เพื่อให้เชื่อมั่นได้ว่าการรับชิ้นงานตัวอย่าง และบันทึกผลทดสอบไม่มีความคลาดเคลื่อน

ข้อกำหนด 5.9 การประกันคุณภาพของการทดสอบและสอบเทียบ (Assuring the quality of test and calibration items) มีวิธีการในการประกันความน่าเชื่อถือคือของผลการทดสอบตลอดเวลาในช่วงระหว่างที่เครื่องมือวัดยังไม่ถึงกำหนดสอบเทียบ และมีเครื่องมือทางสถิติในการบันทึกเพื่อติดตามผลการประมาณของกระบวนการทดสอบตลอดเวลาเพื่อดูแนวโน้วหรือการกระจายตัวสำหรับใช้ปรับปรุงกระบวนการทดสอบได้ทันท่วงทีก่อนมีปัญหา

จากสาเหตุของปัญหาดังแผนภาพก้างปลาจะเห็นว่าการนำข้อกำหนดของระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐานมาประยุกต์ใช้ โดยเลือกเฉพาะหัวข้อที่สัมพันธ์กับสาเหตุของปัญหาที่วิเคราะห์ได้จากแผนภาพก้างปลา และสามารถแก้สาเหตุได้ทุกสาเหตุทำให้เกิดจากแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะทำให้สาเหตุที่วิเคราะห์ได้มีการถูกแก้ไขไปแล้วระดับหนึ่ง

บทที่ 4
ออกแบบระบบของห้องปฏิบัติการทดสอบ

4.1 การทบทวนระบบเพื่อออกแบบระบบใหม่สำหรับการแก้ปัญหา

ก่อนที่จะเริ่มออกแบบระบบใหม่โดยการประยุกต์ข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 บางหัวข้อเพื่อเข้ามาแก้ปัญหาดังได้กล่าวไว้แล้วในตอนท้ายของบทที่ 3 นั้น จำเป็นที่ต้องทำการสำรวจเสียก่อนว่าระบบที่มีอยู่ปัจจุบันนั้นรองรับต่อข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 หรือไม่ โดยหลังจากสำรวจระบบปัจจุบัน พบว่าระบบปัจจุบันที่มีอยู่ถ้ามองตามข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 ที่ประยุกต์ใช้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

- มีระบบเดิมอยู่แต่ไม่ครอบคลุมตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025 จำเป็นต้องปรับปรุงระบบเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนด
- ระบบปัจจุบันไม่มีจำเป็นต้องออกแบบระบบใหม่แล้วนำมาประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการทดสอบ

จากการแบ่งประเภททั้ง 2 ดังกล่าวสามารถแสดงประเภทของกำหนดแต่ละหัวข้อที่ต้องการประยุกต์ใช้จากบทที่ 3 ได้ดังตารางที่ 4.1

ข้อกำหนด	ประเภท
5.2 บุคลากร (Personnel)	1. มีระบบเดิมแต่ไม่ครอบคลุม
5.3 ลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบและสิ่งแวดล้อม (Accommodation and environmental condition)	2. ต้องออกแบบใหม่ทั้งหมด
5.4 วิธีการทดสอบ, สอบเทียบและวิธีพิสูจน์ (Test and calibration method and method validation)	1. มีระบบเดิมแต่ไม่ครอบคลุม
5.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment)	1. มีระบบเดิมแต่ไม่ครอบคลุม
5.6 การสอบกลับได้ (Measurement traceability)	1. มีระบบเดิมแต่ไม่ครอบคลุม

ข้อกำหนด	ประเภท
5.8 การดำเนินการทดสอบและสอบเทียบ (Handling of test and calibration item)	1. มีระบบเดิมแต่ไม่ครอบคลุม
5.9 การประกันคุณภาพของการทดสอบและสอบเทียบ (Assuring the quality of test and calibration items)	2. ต้องออกแบบใหม่ทั้งหมด

ตารางที่ 4.1 แสดงประเภทของระบบตามข้อกำหนดที่ประยุกต์ใช้

4.2 ระบบเดิมและระบบที่ออกแบบใหม่

เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบปัจจุบันที่มีอยู่เดิมและระบบที่ได้ออกแบบใหม่เพื่อให้ครอบคลุมตามข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 จึงขอสรุปการเปรียบเทียบระบบเดิมกับระบบที่ออกแบบใหม่ ซึ่งจะเปรียบเทียบให้เห็นถึงระบบของ ISO 9002 ที่นำมาใช้ได้ แต่ต้องมีการปรับปรุงให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของระบบ ISO/IEC 17025 และมีเอกสารที่ต้องเพิ่มเติมตามข้อกำหนดของ ISO/IEC 17025 ซึ่งจะอธิบายเหตุผลตามรายละเอียดในตารางที่ 4.2

หมายเหตุ : จากผังก้างปลารูป 3.7 ในหน้า 34 ก่อนที่จะนำเสนอข้อเปรียบเทียบของข้อกำหนดในระบบ ISO/IEC 17025 กับ ISO 9002 พร้อมเหตุผลเฉพาะข้อกำหนดที่จะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหา แต่เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงเหตุผลที่ไม่ประยุกต์ใช้ข้อกำหนดอื่นของระบบ ISO/IEC 17025 ในวิทยานิพนธ์ จึงขออธิบายดังต่อไปนี้

ข้อกำหนด ทางการจัดการ (Management requirement)

ข้อกำหนดทางด้านจัดการทั้งหมดมี 14 ข้อตั้งแต่ ข้อกำหนด 4.1 – 4.14 ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้แล้วในหน้า 22 ของวิทยานิพนธ์

เหตุผลที่ไม่ประยุกต์ใช้เนื่องจากข้อกำหนดดังกล่าวทั้งหมดเป็นข้อกำหนดทางการจัดการซึ่งในขอบข่ายวิทยานิพนธ์จะปรับปรุงเฉพาะคุณภาพเชิงเทคนิคจึงไม่ได้ประยุกต์ใช้

ข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical requirement)

5.1 การดำเนินการด้านวิชาการ (General)

5.7 การชักตัวอย่าง (Sampling)

5.10 การรายงานผลการวิเคราะห์และการทดสอบ (Reporting the results)

เหตุผลที่ไม่ประยุกต์ใช้เนื่องจากข้อกำหนดดังหล่าวทั้งหมดเป็นข้อกำหนดที่ไม่ได้ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพเชิงเทคนิคของผลทดสอบตามสาเหตุที่ระบุไว้ในแผนผังก้างปลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อกำหนด	ระบบเดิม	ระบบที่ออกแบบใหม่	เหตุผล
5.2 บุคคลากร (Personnel)	เกี่ยวกับงานบุคคลจะมีการจัดการเกี่ยวกับบุคคลากรในบริษัท ไม่ว่าจะเป็นการจัดหาบุคลลากร , การฝึกงาน, ทดลองงาน, การฝึกอบรม ฯลฯ โดยฝ่ายทรัพยากรบุคคลและธุระการจะมีระเบียบปฏิบัติงาน (Procedure) เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวซึ่งได้ยึดถือและปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน	เพื่อให้สอดคล้องกับ ISO/IEC 17025 จะมีการปรับปรุงระเบียบปฏิบัติงาน และแก้ไขเอกสารที่มีอยู่แล้วดังนี้ 5.2.1 แก้ไขระเบียบปฏิบัติงานของฝ่ายทรัพยากรบุคคลและธุระการ โดยเพิ่มเนื้อหาและรายละเอียดเกี่ยวกับ ISO/IEC 17025 โดยเฉพาะเรื่องการฝึกอบรม 5.2.2 แก้ไข/เพิ่มเติมคำบรรยายคุณสมบัติเฉพาะสำหรับงาน (Job Description) ให้สอดคล้องกับระบบ ISO/IEC 17025 5.2.3 ทำตารางแสดงความสามารถของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบเพิ่มเติม โดยให้ประกาศโดยผู้จัดการด้านเทคนิคและผู้จัดการด้านคุณภาพ	• เนื่องจาก Procedure เดิมเป็นการกล่าวถึงการ อบรมทั่ว ๆ ไป ซึ่งตาม ISO/IEC 17025 พนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบต้องได้รับการ อบรมความรู้ของ ISO/IEC 17025 และการประเมินผลการฝึกอบรมพนักงานจะถูกประเมินจากการปฏิบัติงานจริงด้วย • ต้องทำตารางแสดงความสามารถของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบ ซึ่งแต่เดิมไม่มีเพื่อแสดงให้เห็นถึงความรู้-ความสามารถ, ประสบการณ์ที่เหมาะสมกับงานทดสอบนั้น ๆ จริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อกำหนด	ระบบเดิม	ระบบที่ออกแบบใหม่	เหตุผล
5.3 ลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบและสิ่งแวดล้อม(Accommodation and environmental)	ระบบปัจจุบันไม่มีต้องออกแบบใหม่	5.3.1 จัดทำแบบฟอร์มการบันทึกอุณหภูมิ (Temperature) และความชื้น (Humidity) และให้ทำการตรวจสอบและบันทึกก่อนทำการทดสอบทุกกะ 5.3.2 เพิ่มความเข้มงวดในการเข้า-ออกห้อง ปฏิบัติการทดสอบ โดยจัดทำสมุดลงชื่อสำหรับบุคคลภายนอก, ห้ามบุคคลภายนอกเข้าก่อนได้รับอนุญาต และมีป้ายบ่งชี้การเข้า-ออกห้องปฏิบัติการทดสอบได้เฉพาะเจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการทดสอบเท่านั้น 5.3.3 จัดทำพื้นที่ให้เป็นสัดส่วนมากขึ้น บ่งชี้ให้ชัดเจนว่าบริเวณใดเป็นที่ทดสอบ บริเวณใดเป็นที่เตรียมชิ้นงานและบริเวณใดเป็นพื้นที่รับชิ้นงาน โดยมีป้ายบอกชัดเจน	เหตุที่ต้องออกแบบใหม่เพราะระบบเดิมยังไม่มีการออกแบบลักษณะห้องปฏิบัติการทดสอบและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมตาม ISO/IEC 17025 เช่น - ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ - จัดห้องทดสอบให้เป็นสัดส่วน แบ่งแยกพื้นที่ชัดเจน - การควบคุมการเข้าออก ฯลฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อกำหนด	ระบบเดิม	ระบบที่ออกแบบใหม่	เหตุผล
5.4 วิธีการทดสอบ, สอบเทียบและวิธีพิสูจน์ (Test and calibration methods and method validation)	มีเอกสารในระบบ ISO9002 ที่กล่าวถึงการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบ ซึ่งเป็นระเบียบการปฏิบัติงาน (Procedure) ซึ่งใช้ในระบบเอกสาร ISO9002	เพื่อให้สอดคล้องกับ ISO/IEC 17025 จึงมีการเพิ่มเติมและแก้ไขเอกสารดังนี้ 5.4.1 คำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Measurement Uncertainty) 5.4.2 จัดทำวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ของ “การใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง และเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี” 5.4.3 จัดทำเอกสารเพื่อเปรียบเทียบมาตรฐานต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบกับค่าการใช้งานจริงของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile Test) ของห้องปฏิบัติการทดสอบ 5.4.4 จัดทำการพิสูจน์วิธีการทดสอบส่วนผสมทางเคมี (Method	เนื่องจากระบบเดิมกล่าวถึงเฉพาะการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบอย่างเดียว และไม่คำนึงถึงความถูกต้องของวิธีการทดสอบ รวมถึงความเป็นมาตรฐานของวิธีการปฏิบัติงานเพื่อให้สอดคล้องตาม ISO/IEC 17025 ต้องจัดทำเอกสารเพิ่มเติม - จัดทำการพิสูจน์วิธีการทดสอบส่วนผสมทางเคมี - จัดทำเอกสารเพื่อเปรียบเทียบมาตรฐานต่าง ๆ ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง - คำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด - วิธีการปฏิบัติงานที่ง่ายต่อความเข้าใจของพนักงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

		Validation)	

ข้อกำหนด	ระบบเดิม	ระบบที่ออกแบบใหม่	เหตุผล
5.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment)	มีระบบเอกสารในระบบ ISO9002 ซึ่งมีระเบียบการปฏิบัติงาน (Procedure) “การสอบเทียบในห้องปฏิบัติการ”	เพื่อให้สอดคล้องกับ ISO/IEC 17025 จึงมีการเพิ่มเติมและแก้ไขเอกสารดังนี้ 5.5.1 ปรับปรุงระเบียบการปฏิบัติงานเดิมจากที่ระบุ “การสอบเทียบในห้องปฏิบัติการ” เป็น “การสอบเทียบภายในห้องปฏิบัติการทดสอบและบำรุงรักษา (Calibration & Maintenance)” 5.5.2 จัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร 5.5.3 จัดทำประวัติเครื่องมือ 5.5.4 กำหนดขั้นตอนการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายเครื่องจักร 5.5.5 กำหนดการป้องกันการปรับแต่ง	เพราะว่าระเบียบการปฏิบัติงานที่มีอยู่กล่าวถึงเฉพาะการสอบเทียบเครื่องมือวัด, รายการเครื่องมือวัดต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการทดสอบเท่านั้น ซึ่งไม่ได้กล่าวถึง - การบำรุงรักษาเครื่องมือ, แผนการบำรุงรักษาเครื่องมือ - ประวัติเครื่องมือ - การจัดเก็บ และการขนย้ายเครื่องมือ-เครื่องจักร - การป้องกันการปรับแต่ง จึงได้มีการเปลี่ยนแปลง – แก้ไขและเพิ่มเติมระเบียบปฏิบัติการปฏิบัติงานใหม่ให้เหมาะสม และสอดคล้องมากยิ่งขึ้น

		เครื่องจักร โดยการติดป้ายเตือนและกำหนดรหัสผ่าน (Password)	

ข้อกำหนด	ระบบเดิม	ระบบที่ออกแบบใหม่	เหตุผล
5.6 การสอบกลับได้(Measurement traceability)	มีระบบเอกสารในระบบ ISO9002 ซึ่งมีระเบียบการปฏิบัติงาน (Procedure) “การสอบเทียบในห้องปฏิบัติการ”	ในข้อกำหนดนี้จะใช้ระเบียบปฏิบัติงานเดียวกันกับข้อกำหนด 5.5 คือ “การสอบเทียบภายในห้องปฏิบัติการทดสอบและการบำรุงรักษา (Calibration & Maintenance)” โดยจะเพิ่มเติมในส่วนที่นอกเหนือจากข้อกำหนด 5.5 คือ 5.6.1 การจัดทำ Approved subcontract list (ทะเบียนรายชื่อผู้รับเหมาช่วงที่ได้รับการอนุมัติแล้ว) 5.6.2 กำหนดให้มีการจัดการเกี่ยวกับการจัดเก็บมาตรฐานอ้างอิง	ในข้อนี้ใช้ระเบียบการปฏิบัติงานเดียวกับข้อ 5.5 ซึ่งเราปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระเบียบปฏิบัติงานของ ISO 9002 ใหม่ ซึ่งในข้อนี้ได้เพิ่ม - วิธีการกำหนดให้มีการจัดการเกี่ยวกับการจัดเก็บมาตรฐานอ้างอิง - การจัดทำ Approved Subcontract List เพิ่มขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดตาม ISO/IEC 17025

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อกำหนด	ระบบเดิม	ระบบที่ออกแบบใหม่	เหตุผล
5.8 การดำเนินการทดสอบและสอบเทียบ(Handling of test and calibration items)	มีระบบเอกสารในระบบ ISO9002 ซึ่งมีระเบียบการปฏิบัติงาน (Procedure) “ห้องปฏิบัติการทดสอบ (Testing Laboratory)”	เพื่อให้สอดคล้องกับ ISO/IEC 17025 จึงมีการเพิ่มเติมและแก้ไขเอกสารดังนี้ 5.8.1 ปรับเปลี่ยนระเบียบการปฏิบัติงานเดิมและเปลี่ยนชื่อระเบียบการปฏิบัติงานใหม่เป็น “การควบคุมการบริการทดสอบ” 5.8.2 จัดทำวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ตามข้อกำหนด 5.4 5.8.3 เพิ่มเติมแก้ไขแบบฟอร์มการรับชิ้นงานทดสอบ โดยเพิ่มเติมหัวข้อการตรวจสอบชิ้นงาน Sample	เหตุผลที่ต้องทำการปรับเปลี่ยนจากระบบเดิม เพราะในระเบียบปฏิบัติงานของ ISO 9002 ไม่ครอบคลุมตาม ISO/IEC 17025 เช่น ต้องเพิ่มรายละเอียดเกี่ยวกับแบบฟอร์มการรับ Sample ให้มีการตรวจสอบ Sample ก่อนนำไปดำเนินการต่อไป เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อกำหนด	ระบบเดิม	ระบบที่ออกแบบใหม่	เหตุผล
5.9 การประกันคุณภาพของการทดสอบและสอบเทียบ(Assuring the quality of test and calibration items)	ระบบปัจจุบันไม่มีต้องออกแบบใหม่	5.9.1 จัดทำระเบียบปฏิบัติงาน (Procedure) เรื่อง “การประกันคุณภาพ” รวมทั้งจัดทำแผนประกันคุณภาพ ซึ่งประกอบไปด้วย 1. การประกันคุณภาพการทดสอบของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง 2. การประกันคุณภาพการทดสอบของเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี 5.9.2 การประกันคุณภาพการทดสอบโดยดำเนินการตามต่อไปนี้ ● การเข้าร่วมกิจกรรมการทดสอบความชำนาญหรือการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ ● การใช้วัสดุอ้างอิงรับรองอย่างสม่ำเสมอ ● มีการทดสอบซ้ำกับชิ้นงานเดิม	เหตุผลเพราะปัจจุบันห้องปฏิบัติการทดสอบไม่มีระเบียบการปฏิบัติการที่ชัดเจนเกี่ยวกับการประกันคุณภาพ จึงต้องมีการจัดทำขึ้นมาใหม่เพื่อให้สอดคล้องตาม ISO/IEC 17025 ซึ่งจะกล่าวถึง - การเข้าร่วมกิจกรรม การทดสอบความชำนาญ - การทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการทดสอบ - การใช้วัสดุอ้างอิง - การทดสอบซ้ำ

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบระบบเดิมกับระบบที่ออกแบบใหม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ระบบที่ออกแบบใหม่

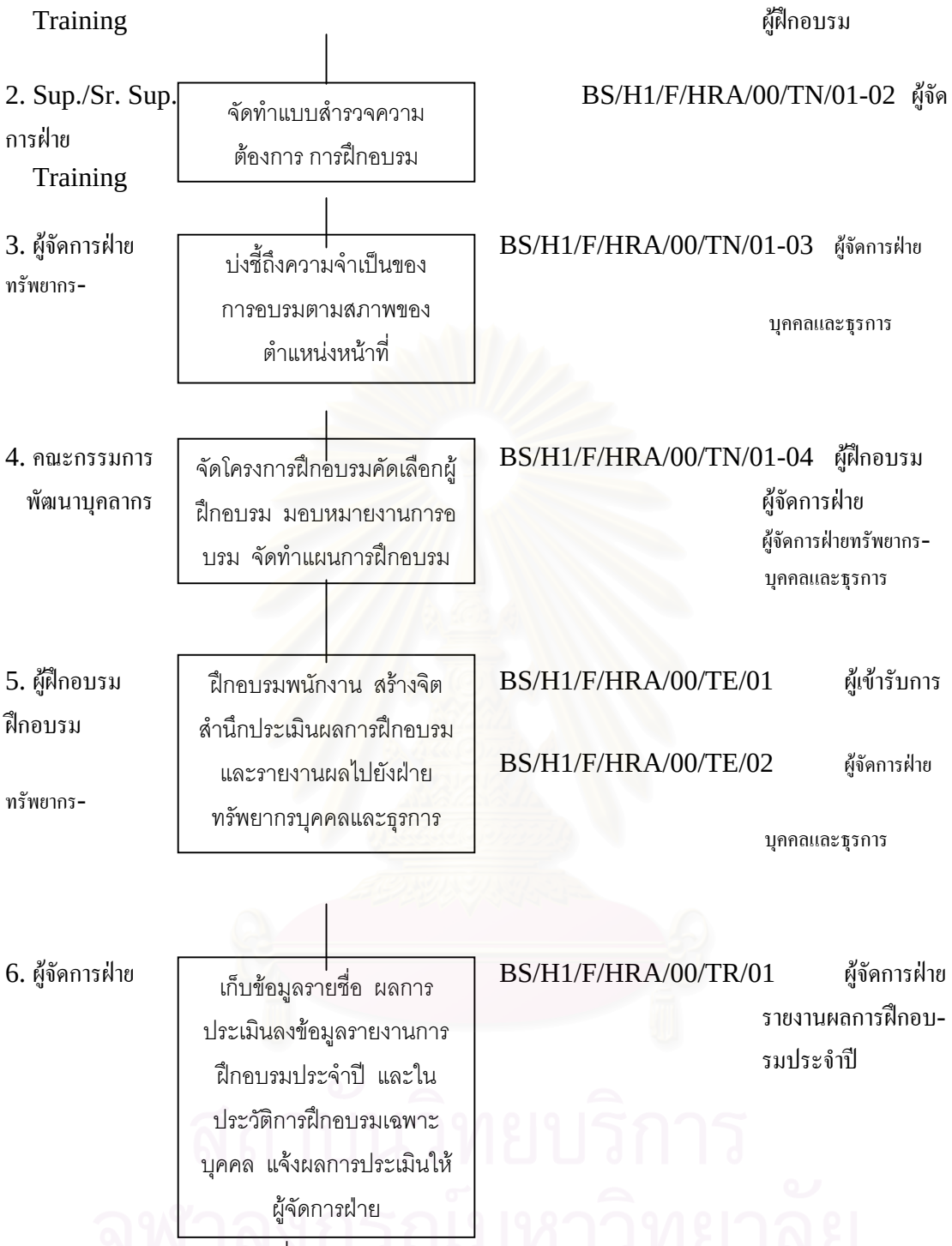
หลังจากทบทวนระบบเดิม และกำหนดทิศทางรวมถึงรายละเอียดที่จะออกแบบใหม่แล้ว จำเป็นต้องมีการเขียนออกมาในรูปของระบบเอกสารอันประกอบไปด้วย ระเบียบปฏิบัติงาน (Procedure), รายละเอียดการปฏิบัติงาน (Work Instruction), บันทึกคุณภาพ (Quality record) และเอกสารสนับสนุนอื่น ๆ เพื่อที่จะใช้เป็นบรรทัดฐานให้กับพนักงานต่าง ๆ ได้ปฏิบัติตามระบบที่ออกแบบใหม่ได้อย่างถูกต้อง และนอกเหนือจากระบบเอกสารยังต้องมีการเตรียมความพร้อมในเรื่องสถานที่ เช่น การระบุพื้นที่ต่าง ๆ อย่างชัดเจน ซึ่งรายละเอียดของระบบเอกสาร และการปรับปรุงพื้นที่ต่าง ๆ จะแสดงโดยแยกตามหัวข้อกำหนดของระบบ ISO/IEC 17025 ดังต่อไปนี้

ข้อกำหนด 5.2 บุคลากร (Personnel)

5.2.1 ระบบที่ออกแบบใหม่ประกอบไปด้วยระเบียบปฏิบัติงานเรื่องการ Training ที่จะทำให้มั่นใจได้ว่าบุคลากรที่ใช้ในแต่ละงานมีความสามารถและคุณลักษณะที่ถูกต้องเหมาะสม รายละเอียดของระเบียบปฏิบัติงานแสดงดังรูปที่ 4.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้รับผิดชอบ	ระเบียบปฏิบัติงาน	ผู้เกี่ยวข้อง
1. Sup./Sr. Sup. พนักงานใหม่	จัดให้มีการปฐมนิเทศ/สร้างจิตสำนึกพนักงานใหม่	BS/H1/F/HRA/00/TN/05



รูปที่ 4.1 แสดงระเบียบปฏิบัติงานการฝึกอบรม

5.2.2 และ 5.2.3 มีการระบุคำบรรยายคุณสมบัติเฉพาะสำหรับงาน (Job description) ในแต่ละตำแหน่งงานชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้การจัดสรรบุคลากรมีความมั่นใจมากขึ้นในการระบุงาน ว่าสอดคล้องกับความสามารถบุคลากร อีกทั้งยังมีตารางแสดงความสามารถของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อระบุขอบเขต และงานที่แต่ละบุคคลทำ

ได้เพื่อรับประกันการใช้คนที่ไม่มีความสามารถเพียงพอไปทำงานตัวอย่างของคำบรรยายคุณสมบัติเฉพาะสำหรับงาน (Job description) ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และตารางแสดงความสามารถดังแสดงในตารางที่ 4.3

คำบรรยายลักษณะงาน (JOB DESCRIPTION)

สำหรับพนักงาน OUTSOURCE

ตำแหน่ง	: LAB ASSISTANCE ระดับ : ปฏิบัติการ
งาน	: เป็นผู้ช่วยในการเตรียมชิ้นงาน (Sample) ส่วน / สาขา : -
	เพื่อทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Hot Rolled Coil) และวัตถุดิบ (Slab)
สายงาน / แผนก / ฝ่าย	: LAB / MQC
ตำแหน่งผู้บังคับบัญชาโดยตรง	: SUPERVISOR MECHANICAL TESTING
ผู้ใต้บังคับบัญชา	: -
หน้าที่หลัก	:
	1) เป็นผู้ช่วย Lab Technician ในการเตรียมชิ้นงาน (Sample) เพื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกล และเคมีของ
	ผลิตภัณฑ์ (Hot Rolled Coil)
	2) เป็นผู้ช่วย Lab Technician ในการเตรียมชิ้นงาน (Sample) เพื่อทดสอบคุณสมบัติส่วนผสมทางเคมีของ
	วัตถุดิบ (Slab)
ความรับผิดชอบต่อตำแหน่ง	:
	1) รับมอบหมายงานจากพนักงานกะและ Supervisor ของ SSI
	2) เก็บชิ้นงาน Sample ที่เป็น Hot rolled coil จากบริเวณต่างๆ มากองไว้ที่เครื่องตัดเหล็ก (Shearing
	Machine) โดยตรวจรับชิ้นงานทดสอบถึงความถูกต้องของหมายเลขตัวอย่าง , ปริมาณและขนาด
	3) เป็นผู้ช่วย Lab Technician ในการตัดเตรียมชิ้นงาน Hot rolled coil และ Slab
	4) ปฏิบัติตามนโยบาย, ขั้นตอน, ข้อกำหนดด้านคุณภาพ, สิ่งแวดล้อม และชีวอนามัยและความปลอดภัย
	5) งานอื่นที่ได้รับมอบหมาย

หน้าที่ที่ต้องปฏิบัติ :		
กิจกรรมฝ่าย	**บรรยายและขยายความกิจกรรมฝ่าย**	**เวลาที่ใช้ (%)**
- ไปรับชิ้นงานตัวอย่างทั้งผลิตภัณฑ์ และวัตถุดิบ	- ตรวจสอบความถูกต้องของหมายเลขตัวอย่าง, ปริมาณ และขนาด	15
- เป็นผู้ช่วยในการจัดเตรียมชิ้นงานทดสอบคุณสมบัติทางกล	- เป็นผู้ช่วยในการดำเนินการตัด, กัดชิ้นงานให้มีลักษณะรูปร่าง, ขนาดเป็นไปตามมาตราฐานของการทดสอบ	30
- เป็นผู้ช่วยในการจัดเตรียมชิ้นงานทดสอบส่วนผสมทางเคมี	- เป็นผู้ช่วยในการดำเนินการตัด, ขัดผิวหน้างานให้พร้อมที่จะใช้ในการทดสอบส่วนผสมทางเคมี ทั้งนี้มีขอบเขตรวมทั้งผลิตภัณฑ์, วัตถุดิบ และชิ้นงานจากภายนอก	30
- ดำเนินการทดสอบค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบ		10
- ดำเนินการทดสอบการดัดโค้งของชิ้นงานทดสอบ		10
- ร่วมกิจกรรมอื่น ๆ ของบริษัท เช่น 5 ส. , Safety ฯลฯ		5
การตัดสินใจ : ไม่มีอำนาจตัดสินใจใด ๆ พบสิ่งผิดปกติจะต้องดำเนินการรายงานให้พนักงานของ SSI ทราบเพื่อดำเนินการตามขั้นตอนของ SSI		

การติดต่อกับหน่วยงาน / บุคคลอื่น :	
หน่วยงานภายใน	**ลักษณะงานที่ติดต่อ**
● ฝ่ายวางแผนการผลิต	- ติดต่อขอรับ Sample ที่เป็น Slab
● แผนกตรวจสอบคุณภาพ (Inspector)	- ติดต่อขอรับ Sample ที่เป็น Hot rolled coil
ฝ่ายควบคุมคุณภาพและโลหการ	
หน่วยงานภายนอก	**ลักษณะงานที่ติดต่อ**
-	-

ผู้จัดทำ : ---------- วันที่จัดทำ : ----------

อนุมัติโดย :

ผู้บังคับบัญชา : 1. ---------- วันที่ : ----------

ตำแหน่ง ----------

2. ---------- วันที่ : ----------

ตำแหน่ง ----------

รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างของคุณสมบัติเฉพาะสำหรับงาน

ตารางที่ 4.3 แสดงความสามารถของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบ

ตารางแสดงขอบเขตความสามารถของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบและผู้ที่เกี่ยวข้อง

ชื่อ-นามสกุล		ตำแหน่ง	วันที่รับรองความสามารถ	ความสามารถในการทดสอบและการปฏิบัติงาน									อำนาจดำเนินการ			
				T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	01	02	03	04
1. สมชาย	กำเนิดกุล	Manager													/	/
2. อนุวัฒน์	ชจัดภัย	Sect. Manager													/	/
3. ตะวันฉาย	มหารัศมี	Supervisor													/	/
4. เจษฎาภรณ์	เจตจำนง	Supervisor						/	/		/		/	/	/	/
5. ปัญญา	ดีเลิศ	Supervisor		/	/	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/
6. มีนา	วงศ์ลวัลดี้	Technician		/	/	/	/	/	/	/	/		/	/		
7. บุญนำ	เกียรติรุ่งเรือง	Technician		/	/	/	/	/	/	/	/		/	/		
8. ชาญชัย	พรหมลวัลดี้	Technician		/	/	/	/	/	/	/	/		/	/		
9. บุญมา	ใจดี	Technician		/	/	/	/	/	/	/	/		/	/		
10. ลรุศักดิ์	หนองหญ้าปล้อง	Technician		/	/	/	/	/	/	/	/		/	/		
11. สมพงษ์	จวนกระจ่าง	Technician		/	/	/	/	/	/	/	/		/			
12. เหมือนเพชร	สกุลปักษ์	Technician						/				/		/		
13. น้ำหนึ่ง	ปัญญาเลิศ	Technician						/				/		/		
14. สมใจ	เพชรดี	Clerk										/				
15. จีรภา	ถาวรชัย	Clerk										/				

T1 = เครื่อง Shearing
T2 = เครื่อง Milling
T3 = เครื่อง Test Tensile RMU.
T4 = เครื่อง Test Tensile Zwick
T5 = เครื่อง Test Spectometer
T6 = เครื่อง Test Hardness
T7 = งานโครงสร้างทางโลหะวิทยา
T8 = งานด้านการเตรียมชิ้นงานทดสอบ
T9 = งานเอกสารต่าง ๆ

01 = Clear ผล TU ได้
02 = Calibration เครื่องทดสอบได้ (เป็นการสอบเทียบภายใน)
03 = เซ็นต์เอกสารรับรองผลทดสอบ
04 = เซ็นต์เอกสารรับรองต่าง ๆ ได้

หมายเหตุ : ความสามารถของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบ และผู้ที่เกี่ยวข้องพิจารณาได้ดังนี้

1. อำนาจดำเนินการ พิจารณาจากตำแหน่งและความรับผิดชอบในบริษัท
2. ความสามารถในการทดสอบ และการปฏิบัติงาน พิจารณาจาก
   - หน้าที่ความรับผิดชอบในบริษัท
   - ประสบการณ์การทำงานในตำแหน่งหรืองานที่รับผิดชอบอยู่
   - วุฒิการศึกษา
   - การประเมินผลการทำงานของพนักงานจากหัวหน้างานประจำปี

ลงชื่อ : _____ ผู้จัดการด้านวิชาการ

ลงชื่อ : _____ ผู้จัดการด้านคุณภาพ

สำหรับพนักงาน Technician และผู้ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติงานทดสอบ โดยตรงจะมีการพิจารณาเพิ่มเติมดังนี้

- ระดับการศึกษาตรงตามลักษณะงานที่ต้องการที่ระบุไว้ในคำบรรยายลักษณะงาน (Job Description & Job Specification)
- ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องโดยตรง
- ในช่วงทดลองงานจะมีการฝึกอบรมเกี่ยวกับงานที่ปฏิบัติ และมีการสอบปฏิบัติโดยมีหัวหน้างานเป็นผู้ประเมิน
- พนักงานที่ยังไม่ผ่านการทดลองงานจะไม่สามารถทำงานทดสอบงานได้ตามลำพัง

ข้อกำหนด 5.3 ลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบและสิ่งแวดล้อม (Accommodation and environmental)

5.3.1 มีการจัดทำแบบฟอร์มบันทึกอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งเป็นปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ต้องควบคุมอยู่เสมอให้เป็นไปตามค่าที่กำหนด เพื่อให้มั่นใจว่าสิ่งแวดล้อมไม่มีผลกระทบกับการทดสอบ ตัวอย่างแบบฟอร์มดังกล่าวดังแสดงในรูปที่ 4.3

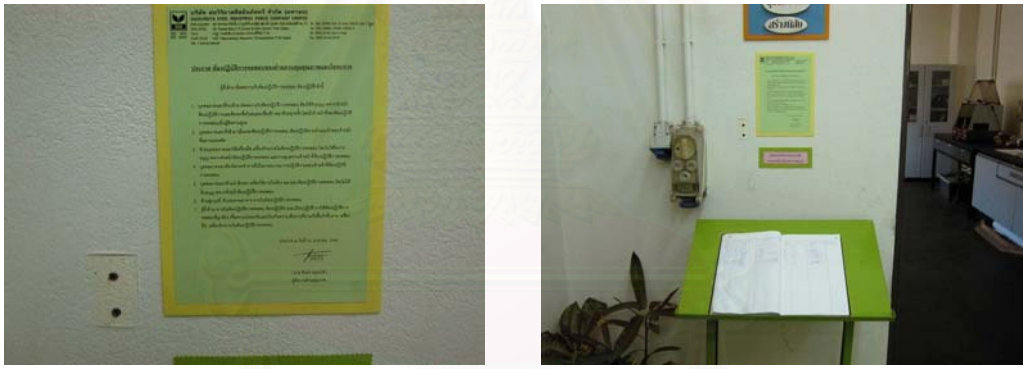
รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างแบบฟอร์มบันทึกอุณหภูมิและความชื้น

โดยการกำหนดอุณหภูมิและความชื้นของการควบคุมสำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกล และส่วนผสมทางเคมีที่มีมาและหลักการดังนี้

การทดสอบสมบัติทางกลจะมีการควบคุมเฉพาะอุณหภูมิในการทดสอบ ซึ่งที่มาของค่าควบคุมได้นำมาจากมาตรฐานสากลต่างอาทิเช่น JIS, ASTM , DIN และ ISO เป็นต้นซึ่งหลังจากตรวจสอบค่าควบคุมจากมาตรฐานสากลในหลาย ๆ มาตรฐานแล้ว พบว่าค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบสมบัติทางกลอยู่ที่ 10 – 35 °C ดังรายละเอียดเรื่องเงื่อนไขการทดสอบทางกลในตารางที่ 4.4 หน้า 72 ในวิทยานิพนธ์

การทดสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กจะมีการควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งถึงแม้ว่าคู่มือการใช้เครื่องไม่มีการกำหนด แต่ให้เกิดการควบคุมที่เหมาะสมจึงได้ทำการควบคุมตามมาตรฐาน ASTM กำหนดโดยค่าควบคุมของอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 10 – 35 °C และความชื้นสัมพันธ์ที่เหมาะสมอยู่ที่ 35 – 50 %

5.3.2 มีระบบการควบคุมการเข้า – ออก ของห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อเป็นการควบคุมบุคคลภายนอกที่จะเข้ามา ต้องได้รับอนุญาตอันจะเป็นการป้องกันการรบกวนการทดสอบจากบุคคลภายนอก โดยการจัดทำป้ายการขออนุญาตในการแข้าห้องปฏิบัติการทดสอบของบุคคลภายนอกดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงป้ายเตือนบุคคลภายนอก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.3 มีการจัดทำพื้นที่เป็นสัดส่วนมากขึ้นเพื่อแยกแยะพื้นที่สำคัญต่าง ๆ ออกจากกันไม่ให้ปะปน เพื่อลดผลกระทบอันอาจเกิดกับการทดสอบเนื่องจากพื้นที่ไม่เหมาะสม ลักษณะตัวอย่างการจัดพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างพื้นที่ทำงาน

ข้อกำหนด 5.4 วิธีการทดสอบ, สอบเทียบและพิสูจน์ (Test and calibration methods and method validation)

5.4.1 เพื่อเป็นการประเมินปัจจัยหรือแหล่งที่มาต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในการวัด สำหรับที่จะทราบความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อเป็นตัดตัดสินใจในการทดสอบซ้ำ จึงได้มีการออกแบบวิธีการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Measurement Uncertainty) ดังแสดงในรูปที่ 4.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการหาค่าความไม่แน่นอน Measunent Uncertainty (MU)

วัตถุประสงค์ : เพื่อให้เป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานในการประเมินความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ขอบเขต : วิธีการปฏิบัติงานนี้ใช้กับห้องปฏิบัติการทดสอบของฝ่ายควบคุมคุณภาพและโลหการ

- **การหาค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Optical Emission Spectrometer**

1. ความไม่แน่นอน Type A (Type A uncertainty) จากการวัด

การหาค่าความไม่แน่นอน Type A หาจากค่าที่วัดได้โดยเริ่มจาก

- การหาค่าเฉลี่ยของการวัด จากสมการ

$$\bar{x} = x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n$$ เมื่อ x คือค่าที่วัดได้และ

n คือจำนวนครั้งของการวัด

- หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากสมการ

$$s(xi) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^{n} (xi - \bar{x})^2}$$

- หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวกลาง หรือค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน จากสมการ

$$u(xi) = s(x) = \frac{s(xi)}{\sqrt{n}}$$

ตัวอย่าง : ● ทำการวิเคราะห์ค่า Carbon ของ SRM ได้ค่าเป็น :

0.0132, 0.0145, 0.0134, 0.0147, 0.0157, 0.0143, 0.0138

ค่าเฉลี่ยของการวัด $\bar{x} = \frac{0.0132 + 0.0146 + 0.0134 + 0.0147 + 0.0157 + 0.0143 + 0.0138}{7}$

$= 0.0142$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน s(xi)) $= 0.000923$

ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวกลาง) :

$$u(xi) = s(x) = \frac{s(xi)}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0.000923}{\sqrt{7}}$$

$= 0.0035$ ---------- (1)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

● ทำการวิเคราะห์ค่า Carbon ของชิ้นงานได้ค่าเป็น :

0.0569, 0.0552, 0.0562, 0.0557, 0.0542, 0.0551, 0.0558

ค่าเฉลี่ยของการวัด $\overline{x} = \frac{0.0569 + 0.0552 + 0.0562 + 0.0557 + 0.0542 + 0.0551 + 0.0558}{7}$

$= 0.05559$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $= 0.00086$

ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวกลาง

$u(xi) = s(x) = \frac{s(xi)}{\sqrt{n}}$

$= \frac{0.000863}{\sqrt{7}}$

$= 0.00033$ ---------- (2)

2. <u>ความไม่แน่นอน Type B (Type B uncertainty)</u>

ความไม่แน่นอน Type B หรือความไม่แน่นอนระบบ (System Uncertainty) คือค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากตัวมาตรฐานอ้างอิง อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดหรือการสอบเทียบที่ระบุไว้ใน certificate หรือรายงานผลการสอบเทียบของตัวมาตรฐานอ้างอิง อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดนั้น ๆ

ค่าความไม่แน่นอน Type B สำหรับ Optical Emission Spectrometer ได้แก่

- ค่าความไม่แน่นอนของ Reference standard ที่ใช้ซึ่งระบุไว้ในใบรับรองการสอบเทียบของแท่งมาตรฐาน หาได้จาก

$\frac{\text{ค่าความไม่แน่นอนที่ระบุไว้ในใบรับรอง}}{\text{Coverage factor}}$

หรือ ค่า S.D. ของธาตุที่ระบุในใบรับรอง $\frac{\text{S.D.}}{\sqrt{n}}$

- ค่า Resolution ของตัวเครื่อง

ค่าความไม่แน่นอนจาก Resolution หาได้จาก $\frac{\text{Resolution}}{2\sqrt{3}}$

2.1 ค่าความไม่แน่นอนของ Reference Standard ที่ใช้ ในการสอบเทียบที่ 2σ (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

เมื่อใช้ Standard 1766 จะได้ค่า S.D. ของ C = 0.001

ค่าความไม่แน่นอนของ Reference Standard $= \frac{0.001}{\sqrt{7}}$

$= 0.00038$ ---------- (3)

2.2 ค่า Resolution ของตัวเครื่องสำหรับการอ่านค่า

ค่าความไม่แน่นอนจาก Resolution ของตัวเครื่อง $= \frac{0.001}{2\sqrt{3}}$

$= 0.00029$ (4)

3. ค่าความไม่แน่นอนรวม (Combined Standard Uncertainty) , ($U_c(y)$)

ค่าความไม่แน่นอนของการวัดรวม (Combined Standard Uncertainty, $U_c(y)$ คือค่ารวมของ Standard Uncertainty จากทั้ง Type A evaluation และ Type B components ทั้งหมด โดยทำการรวมค่าจากสมการ 1 - 4 :

$$U_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} u^2(x_i)}$$

$$= \sqrt{(0.00035)^2 + (0.00033)^2 + (0.00038)^2 + (0.00029)^2}$$

$$= 0.00068$$

การรายงานค่าความไม่แน่นอน

การรายงานค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) จะรายงานได้ในรูปของ Expanded Uncertainty, U ซึ่งจะหาได้จากการคูณ combined uncertainty ด้วย coverage factor, k

$U = k * U_c(y)$

$= 0.00068 \times 2$ (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (2σ))

$= 0.0014$

ดังนั้นการรายงานผลของค่าที่วัดได้จะอยู่ในรูปของ $y \pm U$, y คือค่าเฉลี่ยของการวัด

จะได้ว่า ผลของการวัดที่ได้มีค่า 0.0556 ± 0.0014

● **การหาความไม่แน่นอนของการทดสอบความต้านทานแรงดึงของเครื่อง Universal Testing Machine**

เนื่องจากความต้านทานแรงดึงมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$P = \frac{F}{A}$$

โดย P = Tensile Strength (N/mm^2)

F = แรงที่ใช้ (N)

A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (mm^2)

ตัวอย่างการคำนวณ

โดยมีข้อมูลผลการทดสอบตามตัวอย่างชิ้นงานตามตาราง ก.

ชื่อชิ้นงาน	ขนาดของชิ้นงานทดสอบ			แรงสูงสุด (N)	ความต้านทานแรงดึง (N/mm^2)	ค่าการยืดตัว (Elongation) (%)
	Side 1 (mm.)	Side 2 (mm.)	พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (mm^2)			
TIS HR1 (1)	25.00	2.25	56.25	20,278.125	360.50	38.60
TIS HR1 (2)	25.08	2.27	56.93	20,694.055	363.50	38.00
TIS HR1 (3)	25.05	2.24	56.11	20,311.820	361.00	39.50
TIS HR1 (4)	25.02	2.22	55.54	19,883.320	358.00	40.20
TIS HR1 (5)	25.04	2.26	56.59	20,598.760	364.00	37.40
AVG.	25.04	2.25	56.28	20,353.216	361.60	38.74

ดังนั้นการหาค่าความไม่แน่นอนสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงดึง จึงแยกคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนของแต่ละตัวได้ดังนี้

1. ความไม่แน่นอนเนื่องจากแรงที่ใช้ : U_F

พิจารณาดังนี้

Description (แหล่งของความคลาดเคลื่อน)	Value (N)	Prob. Dist	Devisor	Std. Uncertainty (N)
1. Calibration of load - cell	60.00	Normal	2	30.000
2. Rounding Error ความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า	$\frac{0.1 = 0.050}{2}$	Rect.	$\sqrt{3}$	0.289
Combined Uncertainty		Normal		30.024

2. ความไม่แน่นอนเนื่องจากการหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน : U_A

พิจารณาค่าความไม่แน่นอนจากการหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน โดยใช้เครื่องมือวัดขนาดดังนี้

2.1 ความไม่แน่นอนเนื่องจากเวอร์เนียร์ พิจารณาได้ดังนี้

Description (แหล่งของความคลาดเคลื่อน)	Value (mm.)	Prob. Dist	Devisor	Std. Uncertainty (mm.)
1.Calibration of gauge block	0.080×10^{-3}	Normal	2	0.00004
2. Repeatability of gauge bolck	0.016	Normal	1	0.016
3. Rounding Error (ความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า)	$\frac{0.05 = 0.025}{2}$	Rect.	$\sqrt{3}$	0.0144
Combined Uncertainty		Normal		0.0215

2.2 ความไม่แน่นอนเนื่องจาก Micrometer พิจารณาได้ดังนี้

Description (แหล่งของความคลาดเคลื่อน)	Value (mm.)	Prob. Dist	Devisor	Std. Uncertainty (mm.)
1.Calibration of gauge block	0.080×10^{-3}	Normal	2	0.00004
2. Repeatability of gauge bolck	0.005	Normal	1	0.005
3. Rounding Error (ความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า)	$\frac{0.01}{2} = 0.005$	Rect.	3	0.0029
Combined Uncertainty		Normal		0.0058

3. ความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัด หาได้จาก

- การหาค่าเฉลี่ยของการวัด จากสมการ

$$\bar{x} = x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n$$

เมื่อ x คือค่าที่วัดได้และ

n คือจำนวนครั้งของการวัด

- หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากสมการ

$$s(xi) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum^{n} (x_i - \bar{x})^2}$$

- หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวกลาง หรือค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน จากสมการ

$$u(xi) = s(x) = \frac{s(xi)}{\sqrt{n}}$$

จากผลทดสอบตามตาราง ก. หน้า 5 สามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยของการวัดความต้านทานแรงดึง

$$\bar{x} = \frac{360.50 + 363.50 + 361.00 + 358.00 + 364.00 + 361.00}{5}$$

$$= 361.60$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน $s(xi) = 2.21$

ค่าความไม่แน่นอนมาตราฐาน

$$u(xi) = s(x) = \frac{s(xi)}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{2.21}{\sqrt{5}}$$

$$= 0.988$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ค่าความไม่แน่นอนรวม (Combined Uncertainty), (Uc)

Source of Uncertainty	Std. Uncert.	Value	Relative Standard Uncertainty
Vernia : LENGTH (mm.)	0.0215	25.04	0.0009
Micrometer : THICK (mm.)	0.0058	2.25	0.0026
Load - cell : Force (N)	30.024	20,353.216	0.0015
Repeatability of Sample	0.988	361.60	0.0027
$\frac{U_c(P)}{P}$			0.0041

จาก $P = \frac{F}{A}$ (N/mm^2)

$= \frac{20353.216}{(25.04 \times 2.25)}$

$= 361.25\ N/mm^2$

$U_t(P) = P \times 0.0041$

$= 361.25 \times 0.0041$

$= 1.50$

U (P) Uncertainty $= 2 \times 1.50$ (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (2σ))

$= 3.00$

การรายงานค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty, U)

การรายงานผลของค่าที่วัดได้จะอยู่ในรูปของ $y \pm U$, y คือค่าเฉลี่ยของการวัด

จะได้ว่าผลของการวัดที่ได้มีค่า $361.60 \pm 3.00\ N/mm^2$

● **การหาความไม่แน่นอนของการทดสอบการยืดตัวของเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน (Elongation, E)**

- เครื่อง Universal Testing Machnie Zwick

เนื่องจากการยืดตัวของเหล็ก มีสูตร

$$\text{Elongation, E (\%)} = \frac{Lf - Lo}{Lo} \times 100$$

โดย Lo = ความยาวเดิมของวัตถุ

โดย Lf = ความยาวสุดท้าย

ตัวอย่างการคำนวณ

จากตารางผลทดสอบตาราง ก. สามารถคำนวณหาค่าไม่แน่นอนได้ดังนี้

1. ความไม่แน่นอน Type A (Type A Uncertainty) จากการวัด

การหาค่าความไม่แน่อน Type A หาได้จาก

- ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากเวอร์เนียร์ พิจารณาดังนี้

Description (แหล่งของความคลาดเคลื่อน)	Value (mm.)	Prob. Dist	Devisor	Std. Uncertainty (mm.)
1. Calibration of gauge block	0.080×10^{-3}	Normal	2	0.00004
2. Repeatability of gauge block	0.016	Normal	1	0.016
3. Rounding Error (ความคลาดเคลื่อนจากการอ่าน)	$\frac{0.05}{2} = 0.025$	Rect.	3	0.0144
Combined Uncertainty		Normal		0.0215

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ความไม่แน่นอนเนื่องจากการทดสอบชิ้นงาน เพื่อหาค่าความยืด

- การหาค่าเฉลี่ยของการวัด จากสมการ

$$\bar{x} = x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n$$ เมื่อ x คือค่าที่วัดได้และ

n คือจำนวนครั้งของการวัด

- หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากสมการ

$$s(xi) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$$

- หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวกลาง หรือค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน จากสมการ

$$u(xi) = s(x) = \frac{s(xi)}{\sqrt{n}}$$

จากผลการทดสอบ ตามตาราง ก. หน้า 5 สามารถคำนวณได้ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยของการวัดค่าการยืดตัว (Elongation)

$$\bar{x} = \frac{38.60 + 38.00 + 39.50 + 40.20 + 37.40}{5}$$

$$= 38.74$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $s(xi) = 1.1261$

ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

$$u(xi) = s(x) = \frac{s(xi)}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{1.1261}{\sqrt{5}}$$

$$= 0.5036$$

2. ความไม่แน่นอน Type B (Type B Uncertainty) ; ค่าความไม่แน่นอนของระบบ (System Uncertainty)

ค่าความไม่แน่นอน Type B สำหรับการวัดค่าความยืด ได้แก่

ค่า Resolution ของตัวเครื่อง $= \frac{\text{Resolution}}{2\sqrt{3}}$

ค่าความไม่แน่นอนจาก Resolution ของตัวเครื่อง $= \frac{1.2 \times 10^{-3}}{2\sqrt{3}}$

$$= 0.00035$$

3. ค่าความไม่แน่นอนรวม (Combine Uncertainty) , (U_c)

$$Uc = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} u^2(x_i)}$$

$$= \sqrt{(0.00035)^2 + (0.0215)^2 + (0.5036)^2}$$

$$= 0.5041$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การรายงานค่าความไม่แน่นอน

การรายงานค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) จะรายงานได้ในรูปของ Expanded Uncertainty , U ซึ่งหาได้จากการคูณ Combined Uncertainty ด้วย Coverage factor , k

$U = k * U_c$

$= 2 \times 0.5041$ (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (2σ))

$= 1.0081$

ดังนั้น การรายงานผลของค่าที่วัดได้ จะอยู่ในรูปของ $y \pm U$, y คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด

จะได้ว่า ผลของการวัดที่ได้มีค่า 38.74 ± 1.01

รูปที่ 4.6 แสดงวิธีการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด

5.4.2 เพื่อให้วิธีการปฏิบัติงานต่าง ๆ เป็นมาตรฐานและเป็นไปในแนวทางเดียวกัน จึงได้มีการจัดทำรายละเอียดการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าการปฏิบัติงาน และการใช้เครื่องมือทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน โดยการจัดทำรายละเอียดการปฏิบัติงานของแต่ละเครื่องก็คือการจัดทำคู่มือการใช้งานของทั้ง 3 เครื่องที่อยู่ในขอบข่ายที่ต้องการปรับปรุงนั่นเอง โดยคู่มือการทำงานที่จัดทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์ให้พนักงานที่ปฏิบัติงานมีคู่มือใช้งานที่อ่านเข้าใจง่าย และมีจุดที่เราต้องการควบคุมทางเทคนิคอยู่ในคู่มือการทำงานชุดเดียวกัน ดังนั้นที่มาของการจัดทำคู่มือการทำงานนี้ก็คือ การนำคู่มือการใช้งานของเครื่องที่เป็นภาษาอังกฤษ และมีเนื้อหาค่อนข้างมากมาจัดทำให้เป็นภาษาไทย และจัดทำรูปแบบให้เหมาะสมกับการทำงานง่ายต่อการทำความเข้าใจของพนักงานที่ใช้คู่มือ จากนั้นก็จะมีการสอดแทรกปัจจัยที่ต้องการควบคุมทางเทคนิคที่มาจากทั้งคู่มือการใช้งานของตัวเครื่องเอง และนำมาจากสิ่งที่มาตรฐานสากลกำหนดไว้ให้ต้องควบคุม เนื่องจากรายละเอียด และเนื้อหาของรายละเอียดการปฏิบัติงานมีค่อนข้างมาก จึงขอไปนำเสนอไว้ใน ภาคผนวก ง. ซึ่งประกอบไปด้วย

- คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี (Optical Emission Spectrometer)ARL 2460 จำนวน 7 หน้า
- คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง (Universal Testing Machine, RMU) จำนวน 6 หน้า
- คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง (Universal Testing Machine, Zwick) จำนวน 17 หน้า

5.4.3 เนื่องจากการทดสอบความต้านทานแรงดึงมีวิธีการปฏิบัติที่เป็นสากลอยู่มาก และห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่าง ก็ต้องมีการทดสอบในหลาย ๆ มาตรฐานต่าง ๆ อย่างถูกต้อง จำเป็นต้องจัดทำเอกสารเพื่อสรุปวิธีการทดสอบตามมาตรฐานต่าง ๆ เช่น JIS, ASTM ฯลฯ รวมถึงกำหนดวิธีการของห้องปฏิบัติการทดสอบให้สอดคล้องกับวิธีการตามมาตรฐานต่าง ๆ เหล่านั้น เพื่อให้การทดสอบเป็นไปอย่างถูกต้อง เอกสารดังกล่าวดังแสดงในตารางที่ 4.4

Mechanical Testing Standards

Description	Tensile Testing Standards							
	ASTM A370-97a	1998 ASME section IX	JIS Z2241:1993	ISO 6892:1998	DIN 51220:1993	TIS 244:1982	SSI	
							Zwick I SP400	RMU
1. Apparatus 1.1 Testing Machines	Referred to ASTM E4-99 - Verification method Class 1, Calibration device only over Class A - Percent error of forces of testing machine not exceed ± 1.0%	Referred to ASTM E4-99	Refered to JIS B 7721:1991 - Grade 1 or higher grade Accuracy error ±1.0 %	Referred to ISO 7500-1 : 1999 (E) - Class 1 or better Accuracy error ± 1.0%	referred to DIN 51221 : 1996 - Grade 1 or better Accuracy error ±1.0%	- not specify class	-Corresponds to ISO7500/1 Grade 0 in the range ± 2% (for force sensor ≥ 500N), ±1% (for force sensor ≤ 200 N) Grade 1 in the range ± 0.4%	- Class 1 or better Accuracy error± 2%
1.2 Gripping Devices	Referred to ASTM E8/E8M - suitable for material shape	Referred to ASTM E8/E8M	Refered to JIS B 7721 - suitable for material shape	- suitable for material shape	- suitable for material shape	- suitable for material shape	According to standard requirements.	According to standard requirements.
1.3 Dimension - Measuring Devices	Referred to ASTM E8/E8M - micrometers or other devices be accurate and precise at least 0.5 of smallest unit to dimension required.	Referred to ASTM E8/E8M	- Specified just only tolerance of dimensions.				- Micrometer resolution 0.01 mm for specimens' thickness. - Vernier caliper resolution 0.05 mm for width of specimens.	- Micrometer resolution 0.01 mm for specimens' thickness. - Vernier caliper resolution 0.05 mm for width and gage length of specimens.
1.4 Extensometer	Referred to ASTM E83 - Class B2 or better class: Max. error ± 0.5%	Referred to ASTM E83 - Class B1 or better class: Max. error ± 0.25%	Referred to JIS B7721 - Grade 2 or superior performance: Eorrer in gage length ± 2%	Referred to ISO 9513-1 - for dermination of R_{eH} R_{eL} and R_p, Class 1 : Error in gage	referred to EN 10002-2:1994 - for dermination of R_{eH} R_{eL} and R_p, Class 1 : Error in gage	- not specify class	Accuracy error ±0.1%	
2. Specimens preparation	Referred to ASTM E8/E8M -13 specimen types (see Fig.1-20)	Referred to SA-370:1986 Section II -3 specimen types (see Fig QW-462.1 (a)-(e))	Referred to JIS Z 2201:1998 -14 test piece types (see Fig.1-13)	Referred to ISO 377:1998 -see annex A-H		-2 test piece types (see Fig.1)	Meet all standard requirement.	Meet all standard requirement.
3. Testing Procedures	Referred to ASTM E8/E8M							

Description	Tensile Testing Standards							
	ASTM A370-97a	1998 ASME section IX	JIS Z2241:1993	ISO 6892:1998	DIN 51220:1993	TIS 244:1982	SSI	
							Zwick I SP400	RMU
3.1 Conditions Control	Referred to ASTM E8/E8M -T_m 50-100 F (10-38C)	Referred to ASTM E8/E8M	-T_m 10-35 C -For special case T_m 23 ±5 C	-T_m 10-35 C -Under contrilled conditions T_m 23±5 C	-T_m 10-35 C -Under contrilled conditions T_m 23±5 C	-T_m 25 C	-Tm 10-35 C	-$T_{m\,10\text{-}35}$ C
3.2 Speed of Testing -Speed Setting	Referred to ASTM E8/E8M -Rate of Stressing , in psi/min (Mpa/sec) -Rate of Straining , in in/inch-min (m/metre-min) -Rate of Separation, in in/inch-min (m/metre-min) -Elapsed Time,in min. (sec) -Free running crosshead rate, in in/inch-min (m/metre-sec)	Referred to SA-370:1986 Section II -Rate of Seperation, in in/inch-min (m/metre-sec) -Free running crosshead rate,in in/inch-min (m/metre-sec) -Rate of Stressing, in psi/min (Mpa/sec)	-Rate of Stressing, in Mpa/sec -Rate of Straining , in in/inch-min (m/metre-min) -Elapsed Time,in min. (sec)	-Rate of Stressing, in N/mm^2-sec -Rate of Straining , in m/metre-min -Rate of Separation, in m/metre-min	Referred to EN 10002-2:1994 -Rate of Stressing, in Mpa/sec -Rate of Straining , in m/metre-min	-Rate of Stressing, in Mpa/sec -Rate of Straining , in m/metre-min	-Rate of Stressing, in N/mm^2-sec -Rate of Straining, in mm-min -Rate of Separation, in mm-min -Free running crosshead rate, in mm-min	-Rate of Stressing, in N/mm^2-sec -Rate of Straining, in mm-min -Rate of Separation, in mm-min -Free running crosshead rate, in mm-min
Speed of Testing **3.2.1 For Determining Yield Properties**	**- rate of stressing($\dot{\sigma}$),** Mpa/sec (psi/min) $1.15 < \dot{\sigma} \leq 11.5$ $(10^4 < \dot{\sigma} \leq 10^5)$ **- rate of straining ($\dot{\varepsilon}$),** per sec (per min) $1.15/E < \dot{\varepsilon} < 11.5/E$ $(10^4/E < \dot{\varepsilon} < 10^5/E)$	**- rate of stressing ($\dot{\sigma}$),** Mpa/sec (psi/min) $70 < \dot{\sigma} \leq 690$ $(10^4 < \dot{\sigma} \leq 10^5)$ **-rate of seperation (v),**in per min per inch of gage length $v \leq 1/16$ in/in-min	**- rate of stressing ($\dot{\sigma}$),** Mpa/sec (psi/min) -for steel; $3 < \dot{\sigma} \leq 20$ -for aluminium/alloy $\dot{\sigma} < 30$	**1.for determination of R_{eH},R_p and R_t, -rate of stressing ($\dot{\sigma}$),**Mpa/sec -for E < 150Gpa; $2 < \dot{\sigma} < 20$ -for E ≥150 Gpa; $6 < \dot{\sigma} < 60$ **-rate of straining ($\dot{\varepsilon}$),** per sec -for plastic range, $\dot{\varepsilon}$ <0.0025 per sec **2.for of determination of R_{el}, -rate of straining ($\dot{\varepsilon}$) ,per sec** 0.00025<$\dot{\varepsilon}$<0.0025	**1.for determination of R_{eH},R_p and R_t, -rate of stressing ($\dot{\sigma}$),**Mpa/sec -for E < 150Gpa; $2 < \dot{\sigma} < 20$ -for E ≥150 Gpa; $6 < \dot{\sigma} < 60$ **-rate of straining ($\dot{\varepsilon}$),** per sec -for plastic range, $\dot{\varepsilon}$ <0.0025 per sec **2.for of determination of R_{el}, -rate of straining ($\dot{\varepsilon}$) ,per sec** 0.00025<$\dot{\varepsilon}$<0.0025	**-rate of stressing (s),**Mpa/sec For elastic range s≤30 max rate of stressing (see table 4) - **rate of straining (e),**per sec For plastic range, e<0.0025	Testing speed canbe set up according to all standards requirement. Rate of stressing seperation and straining can be programmable and dependent upon requirement.	Testing speed canbe set up according to all standards requirement. Rate of stressing seperation and straining can be programmable and dependent upon requirement.
3.2.2 For Determining Tensile Strength	**-rate of straining($\dot{\varepsilon}$)** ,meters per min per meter of reduced section -for materials with elong. > 5% $0.05 < e < 0.5$ -for materials with elong. < 5%,use same speed through test	**-rate of seperation (v),** in per min per inch of gage length $v < 1/2$ - for determined Yield Point $Speed_{min} \geq 1/10$ of $Speed_{max}$	**- rate of stressing ($\dot{\sigma}$),** %/min -for steel; $20 < s < 80$ -for aluminium/alloy $s < 50$	**-rate of straining($\dot{\varepsilon}$),** per sec (parallel length) -for plastic range, e≤0.008 -for elastic range,see 3.2.1	**-rate of straining($\dot{\varepsilon}$),** per sec (parallel length) -for plastic range, e≤0.008 -for elastic range,see 3.2.1	**-rate of stressing (s),**Mpa/sec For elastic range 3<s≤30	Rate of stressing seperation and straining can be programmable and dependent upon requirement.	Rate of stressing seperation and straining can be programmable and dependent upon requirement.

Description	Tensile Testing Standards							
	ASTM A370-97a	1998 ASME section IX	JIS Z2241:1993	ISO 6892:1998	DIN 51220:1993	TIS 244:1982	SSI	
							Zwick I SP400	RMU
4.Determination of Tensile properties 4.1 Yield Strength or Proof Stress	Referred to ASTM E8/E8M 1. Offset Method (see Fig.21) -Extensometer Class B2 or better class (averaging type) - Take from stress-strain diagram	Refered to SA-370: 1986 Section II 1. Offset Method -Extensometer Class B1	1. Offset Method -Extensometer Grade 2 or able to record total elongation	1. Proof stress (non propertional extension), R_p $R_{p0.2}$ 2.Proof stress (total extension),R_t $R_{t0.5}$		- Proof stress for non-propertional, Rp - Proof stress for total elongation or proof stress under load, R_t R_t=R_p0.2+ elastic elongation	Meet all standards requirement. Refer to machine capacity.	Meet all standards requirement. Refer to machine capacity.
4.2.Tensile Strength	$St = F_{max}/A_0$ -F_{max} after discontinuous yielding	-acceptance criteria St = Fmax/A.0 -for aluminium alcald material -for copper and copper based alloy -All P-No.23 1)St ≥ min. S_{base} 2)St > min. $S_{weaker\ of\ the\ two\ of\ base\ metal}$ 3)St > min. S_{weld} 4)Accepted specimen breaks in base metal outside of weld of fusion in St ≤0.95S_{base}	σ_E (λ)= F_{max}/A_0 -when determining UYS,LYS,σ_S,σ_B,F read to 0.5% of measured value σ_S,σ_B rounded off			Rm = F_{max}/S_0	Meet all standards requirement. Refer to machine capacity.	Meet all standards requirement. Refer to machine capacity.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Description	Tensile Testing Standards							
	ASTM A370-97a	1998 ASME section IX	JIS Z2241:1993	ISO 6892:1998	DIN 51220:1993	TIS 244:1982	SSI	
							Zwick I SP400	RMU
4.3 Elongation	-Extensometer 1. Class B2 or better, elong.interst<5% 2. Class C or better,5% ≤elong.interst<50% 3. Class D,elong.interst <50% -for elongation >3% 1.gage length ≤2-in (50mm),measure gage mark nearest 0.01-in (0.25mm) 2.gage length > 2-in (50mm),use percentage scale reading to 0.5% of page length	-for gage length < 2-in (50mm),measure distance between gage marks to nearest 0.5% of gage length	$\delta = (l-l_0/l_0)x100$ -after fracture,measure by means of extensometer -extensometer gage length = gage length of teat piece -measure elongation with accuracy $\delta\pm$ 0.5% of gage length -rounded off to whole number (JIS Z8401),for gage length > 100 mm,more precisely			-permanent elongation(%) $A = \frac{l_u - l_0}{l_0} \times 100$ $\% = \frac{l-l_0}{l_0} \times 100$	Meet all standards requirement. Refer to machine capacity.	Meet all standards requirement. Refer to machine capacity.

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยที่ต้องการควบคุมในแต่ละมาตรฐานสากล เมื่อเทียบกับค่าที่ใช้อยู่ปัจจุบันในห้องปฏิบัติการทดสอบ

5.4.4 เนื่องจากวิธีการทดสอบส่วนผสมทางเคมีเป็นการใช้วิธีการตามคู่มือการใช้งานของเครื่อง ซึ่งไม่ได้เป็นวิธีการที่ปฏิบัติตามมาตรฐานสากล หรือจัดเป็นวิธีการที่กำหนดขึ้นเอง (Inhouse Method) จำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์หรือทำการ Validate นั่นเอง ซึ่งจะทำการพิสูจน์โดยใช้วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (SRM) โดยนำความแปรปรวน (Standard Deviation) จากการทดสอบจำนวนครั้งรวมทั้งค่ากลางมาทำการเปรียบเทียบค่ากลางของวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (SRM) ที่ได้รับการระบุไว้ในใบ Certificate ของวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (SRM) โดยการเปรียบเทียบค่ากลางที่ทดสอบจริงว่ามีความแตกต่างจากค่ากลางของ SRM ที่ได้แสดงไว้ในใบรับรองหรือไม่นั้นจะใช้การทดสอบสมมุติฐาน (Hypothesis Test) โดยเป็นแบบ t-test สำหรับการเปรียบเทียบการแปรปรวนนั้นจะนำความแปรปรวนที่ทดลองจริงได้ไปเปรียบเทียบกับความแปรปรวนของ SRM ที่ได้นำมาคูณ 3 เช่นเดียวกัน ถ้าค่าที่ได้แคบกว่าหรือเท่ากับค่าความแปรปรวนของการทดลองจริงก็ถือว่ายอมรับได้ ซึ่งวิธีการที่ใช้อยู่จะสามารถเชื่อถือได้หมายความว่าทั้งค่ากลางและความแปรปรวนต้องผ่านตามเกณฑ์ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ซึ่งหลังจากได้พิสูจน์ตาม

เกณฑ์ดังกล่าวก็พบว่าวิธีการดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือ โดยในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่ากลางและค่าแปรปรวนของธาตุคาร์บอนเพื่อประกอบความเข้าใจดังตารางที่ 4.5

ธาตุ	SRM	%wt(จุด1)	%wt(จุด2)	%wt(จุด3)	%wt(จุด4)	%wt(จุด5)	Mean	ค่าจริง	S	Texp= $\frac{\lvert\bar{X}-\mu\rvert}{S/\sqrt{n}}$
C	ขัดครั้งที่ 1	0.2032	0.2012	0.2018	0.2026	0.1990	0.2015	0.2030	0.0048	0.99
	ขัดครั้งที่ 2	0.2111	0.2051	0.1951	0.1943	0.2011				

เนื่องจากข้อจำกัดในการทดสอบซ้ำเพื่อการทำวิธีพิสูจน์การทดสอบสามารถทำได้เต็มที่ 5 ครั้งทำให้เกิดการขัดถึง 2 ครั้งเพื่อต้องการให้เกิดการทำซ้ำ 10 ครั้งในชิ้นงานเดียวกัน ดังนั้นก่อนที่จะนำผลการขัดทั้ง 2 ครั้งไปทำการพิสูจน์ค่ากลางโดยใช้ t-test นั้นจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบค่ากลางของการขัดทั้ง 2 ครั้ง โดยใช้ t-test ก่อนดังนี้

การขัดครั้งที่ 1 ได้ค่ากลาง = 0.2016

การขัดครั้งที่ 2 ได้ค่ากลาง = 0.2013

t-test : For N = 5 (Degree of freedom = 4) ; ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

t - Critical = 2.78

$$texp = \frac{\lvert \bar{X} - \mu \rvert}{S\sqrt{n}}$$

$$= \frac{\lvert 0.2016 - 0.2013 \rvert}{0.007\sqrt{n}} = 0.019$$

texp < Tcritical, 0.019 < 2.78, ยอมรับ H_O ค่ากลางไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

จากนั้นจึงดำเนินการทดสอบค่ากลางและเปรียบเทียบความแปรปรวนของการขัดทั้ง 2 ครั้งกับค่ากลางและความแปรปรวนของวัสดุอ้างอิง (SRM) ดังต่อไปนี้

t-test : For N = 10 (Degree of freedom = 9) ; ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

t – Critical = 2.26 (2 – Tailed test)

texp < Tcritical, 0.99 < 2.26, ยอมรับ H_O ค่ากลางไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ค่า σ ของ SRM = 0.0016

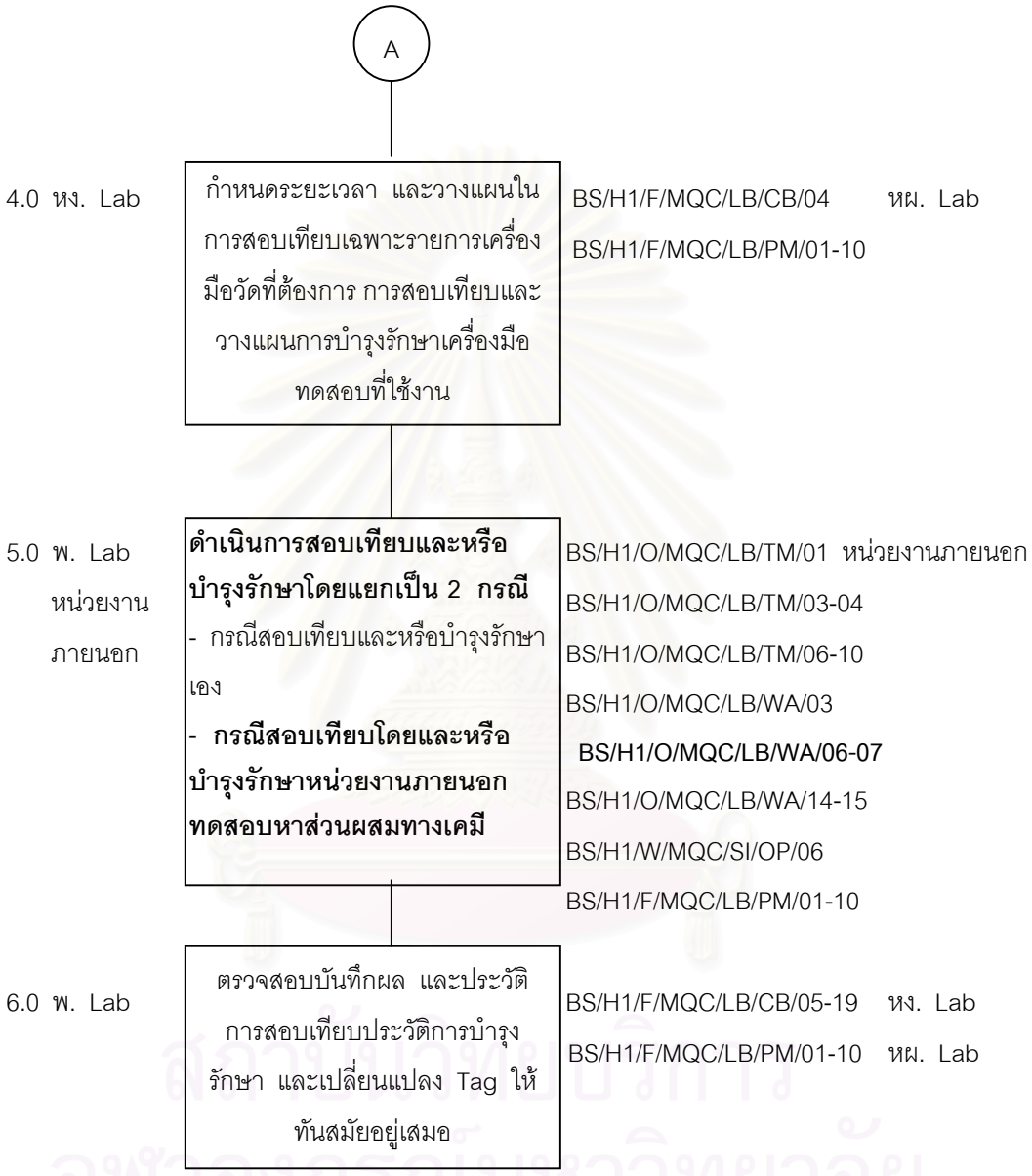
จากนั้นนำค่า 0.0016 x 3 = 0.0048 ซึ่งเท่ากับค่าความแปรปรวนจริงที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4.5 แสดงการคำนวณค่าเพื่อพิสูจน์วิธีการว่าสามารถเชื่อถือได้หรือไม่

ข้อกำหนด 5.5 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ (Equipment)

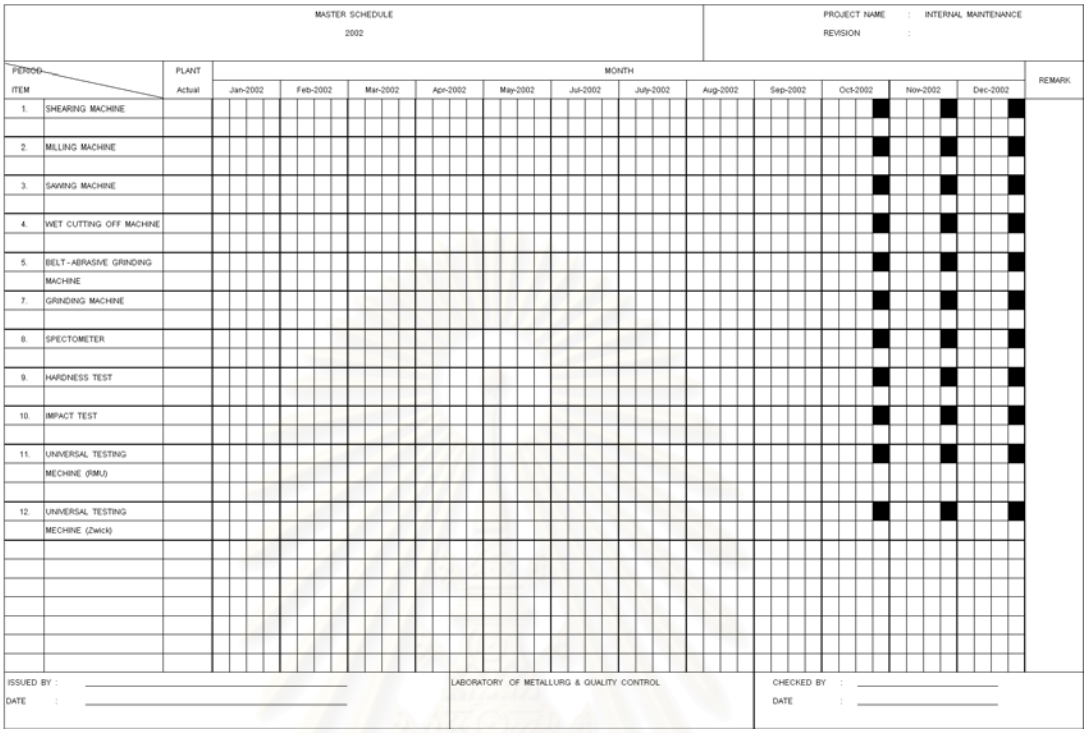
5.5.1 ระบบที่ออกแบบใหม่ประกอบไปด้วยระเบียบปฏิบัติงานเรื่อง “ การสอบเทียบในห้องปฏิบัติการทดสอบและบำรุงรักษา “ ซึ่งจะมีการกล่าวถึงการทำการสอบเทียบ หรือซ่อมบำรุงเครื่องจักรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือและเครื่องจักรต่าง ๆ ถูกดูแลรักษาเพื่อให้มีสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ โดยระเบียบปฏิบัติงานที่ออกแบบดังแสดงในรูปที่ 4.7

ผู้ปฏิบัติ	ระเบียบปฏิบัติงาน	เอกสาร	ผู้เกี่ยวข้อง
1.0 หง. Lab	กำหนดรายการเครื่องมือวัด และจัดทำประวัติของเครื่องมือวัดของห้องปฏิบัติการทดสอบ	BS/H1/F/MQC/LB/CB/01	หผ. Lab
2.0 หง. Lab	แบ่งแยกประเภทรายการของเครื่องมือวัดที่จำเป็นต้องทำการสอบเทียบและไม่จำเป็นต้องทำการสอบเทียบ	BS/H1/F/MQC/LB/CB/01	หผ. Lab
3.0 พ. Lab	ติดสถานะของเครื่องมือวัดด้วย Tag ให้ชัดเจน โดยแยกประเภทดังนี้ - เครื่องมือวัดที่จำเป็นต้องสอบเทียบ - เครื่องมือวัดที่ไม่จำเป็นต้องสอบเทียบ	BS/H1/F/MQC/LB/CB/02-03	
	A		



รูปที่ 4.7 แสดงระเบียบปฏิบัติงานเรื่องการสอบเทียบในห้องปฏิบัติการทดสอบและบำรุงรักษา

5.5.2 จากรายละเอียดปฏิบัติงานจะต้องมีการทำแผนการซ่อมบำรุงเพื่อให้การติดตามการดูแลรักษาซ่อมบำรุงเป็นไปอย่างมีระบบรายละเอียดของแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.8 แสดงแผนการซ่อมบำรุง

5.5.3 นอกจากนั้นเพื่อนำประวัติการซ่อมบำรุง หรือความเสียหายของเครื่องมือต่าง ๆ มาเก็บให้เป็นระบบ สำหรับการปรับปรุงการวางแผนซ่อมบำรุงในอนาคต ซึ่งจะนำไปสู่การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จึงมีการจัดทำประวัติการซ่อมบำรุงของเครื่องจักรแต่ละเครื่องด้วยดังตัวอย่าง ประวัติการซ่อมบำรุงดังแสดงในรูปที่ 4.9

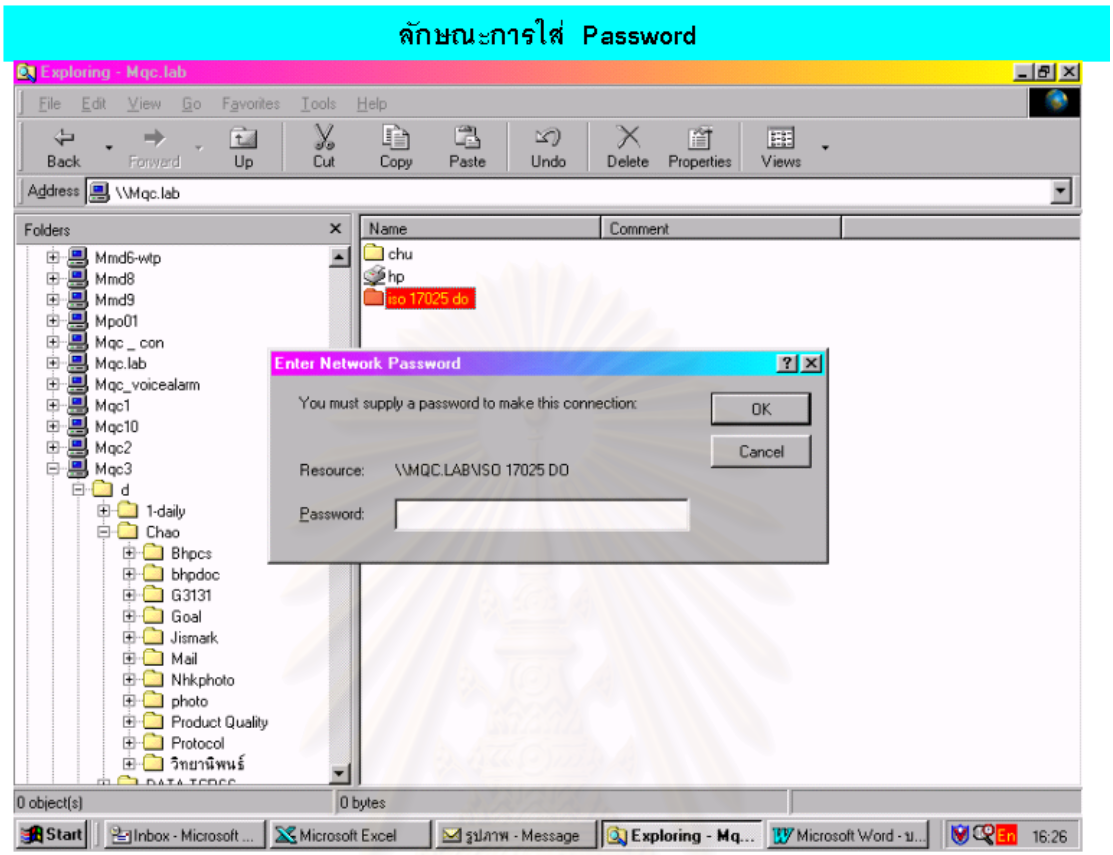
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการบำรุงรักษา MILLING MACHINE									Doc.No : BS/H1/F/MQC/LB/PM/10 Rev : A : 1 Page : 1 Of 1 ISSUE DATE : 10/JAN/2003
ว.ด.ป.	เวลา	การบำรุงรักษา						ผู้ปฏิบัติงาน	หมายเหตุ
		ทำความสะอาด	น้ำมันเครื่อง		น้ำมันหล่อเย็น		เปลี่ยน END MILL (ขนาด O)/		
			เปลี่ยน	เติม	เปลี่ยน	เติม			

รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างประวัติการซ่อมบำรุงของเครื่อง Milling Machine

5.5.4 นอกจากนั้นยังมีมาตรการกำหนดสำหรับการห้ามปรับแต่งเครื่องจักรเพื่อป้องกันการปรับแต่งโดยไม่ถูกต้อง และอาจส่งผลถึงความน่าเชื่อถือในการทำงานของเครื่องจักร โดยส่วนใหญ่การห้ามปรับแต่งจะมีการติดป้ายเตือนเพื่อให้เกิดการระมัดระวัง รวมถึงการใส่ Password เพื่อป้องกันการปรับเปลี่ยนค่าในซอฟแวร์ ตัวอย่างของมาตรการดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 4.10 และ รูปที่ 4.11

รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างการห้ามปรับแต่งเครื่องมือวัด



รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่างหน้าจอใส่ Password

ข้อกำหนด 5.6 การสอบกลับได้ (Measurement Traceability)

ข้อกำหนดนี้มีการใช้ระเบียบปฏิบัติงาน (Procedure) ร่วมกับข้อกำหนด 5.5 โดยระเบียบปฏิบัติงานมีชื่อว่าการสอบเทียบภายในห้องปฏิบัติการทดสอบและการบำรุงรักษา (Calibration & Maintenance) แต่จะมีการจัดทำเอกสาร/ระบบเพิ่มเติมที่ไม่ได้ระบุไว้ในระเบียบปฏิบัติงานดังกล่าวคือ

5.6.1 การจัดทำ Approved subcontract list (ทะเบียนรายชื่อผู้รับเหมาช่วงที่ได้รับการอนุมัติ) เนื่องจากทางห้องปฏิบัติการทดสอบมีกิจกรรมสอบเทียบหรือกิจกรรมซ่อมบำรุงซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง และมีเครื่องมือที่สอบกลับได้ถึงมาตรฐานปฐมภูมิ ดังนั้นจำเป็นที่ห้องปฏิบัติการทดสอบจะต้องมีการทบทวนถึงความสามารถและความน่าเชื่อถือของผู้รับเหมาช่วงที่มีการใช้บริการ เพื่อก่อให้เกิดระบบในการวัดความสามารถและประเมินผลการให้บริการเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือได้ และบริการที่ดีที่สุดจากผู้รับ

เหมาช่วง รายละเอียดของรายการผู้รับเหมาช่วงคุณสมบัติและเกณฑ์การประเมินดังแสดงในรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13

APPROVE SUBCONTRACT LIST		
ลำดับ	ชื่อบริษัท/หน่วยงาน	ลักษณะงาน
1	สถาบันยานยนต์	สอบเทียบเครื่องทดสอบ
2	สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท)	Calibration, สอบเทียบเครื่องทดสอบ
3	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด)	Calibration Grade Box
4	บริษัทอานอลเทค หรือบริษัทบางกอกไฮแลบ	Preventive Maintenance
หมายเหตุ : คุณสมบัติของ Subcontract ที่ผ่านการพิจารณาอนุมัติจะต้องได้รับการรับรองระบบ ISO Guide 25 หรือ ISO 17025 และในส่วนของการ Preventive Maintenance จะต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือผ่านการฝึกอบรมจากบริษัทผู้ผลิต		

รูปที่ 4.12 แสดงรายการผู้รับเหมาช่วงของห้องปฏิบัติการทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การประเมินบริษัทหรือหน่วยงานผู้ให้บริการห้องปฏิบัติการทดสอบ</u>

งานบริการ : _____

วัน/เดือน/ปี : _____

BS/LA/F/MQC/LB/PU/01 .

ลำดับ	เกณฑ์การประเมิน	คะแนนเต็ม	บริษัท/หน่วยงาน			หมายเหตุ
			1…….	2…….	3…….	
*1	เป็นหน่วยงานที่ สมอ. ยอมรับหรือหน่วยงานที่ได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025 หรือมาตรฐานอื่น ๆ ที่น่าเชื่อถือ	50				
2	มีการบริการที่รวดเร็ว มีประสิทธิภาพสอบเทียบได้ตามเวลาที่ต้องการ	25				
3	ใบรายงานผลการสอบเทียบถูกต้อง	25				
	รวมคะแนน	100				

<u>หมายเหตุ</u>

*1. ถ้าเป็นหน่วยงานที่ได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025 ในขอบเขตที่ให้บริการจะได้คะแนนเต็ม 50 คะแนน หรืออยู่ในระหว่างการจัดทำระบบได้ 30 คะแนน

2. เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการสอบเทียบนับจากการติดต่อถ้าเร็วที่สุดจะได้คะแนนเต็ม ถ้ามีเพียง 1 ราย จะได้คะแนนเต็ม ถ้าช้าจะเทียบตามสัดส่วน

3. ถ้าใบรายงานผลถูกต้องได้คะแนนเต็ม
ถ้าผิดพลาดเล็กน้อยจะได้ 20 คะแนน เช่น ชื่อ, ที่อยู่เขียนผิด
ถ้าผิดพลาดรุนแรงเช่น เลขที่ตัวอย่าง ผลการทดสอบผิดจากความเป็นจริงจะได้ 0 คะแนน

รูปที่ 4.13 แสดงแบบฟอร์มการประเมินผู้รับเหมาช่วง

5.6.2 ห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างมีการใช้ทั้งวัสดุอ้างอิงภายใน (IRM) เพื่อทำการทวนสอบเครื่อง Optical emission spectrometer ก่อนใช้งานทุกวันอีกทั้งยังมีการใช้วัสดุอ้างอิงที่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานระดับนานาชาติเช่น NIST ฯลฯ ซึ่งจะมีการใช้ในการทวนสอบเครื่อง Optical emission spectrometer ทุกครั้งหลังจากเปลี่ยนก๊าซอาร์กอน ซึ่งการใช้วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (SRM) ดังกล่าวจากมาตรฐานระดับนานาชาติเช่น NIST เพื่อต้องการสร้างให้เกิดความเชื่อมั่นในผลการทดสอบหลังจากถูกทวนสอบด้วยวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (SRM) ในขณะเดียวกับการใช้งานในแต่ละวันก็จะทวนสอบด้วยวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (IRM) ที่ถูกจัดทำขึ้นหลังจากเครื่องถูกทวนสอบด้วยวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (SRM) ซึ่งเป็นการระบุถึงการสอบกลับได้ของวัสดุอ้างอิงอย่างเป็นขั้นตอน และเพื่อเป็นการรักษาความน่าเชื่อถือของวัสดุอ้างอิงจึงได้การจัดทำระบบเกี่ยวกับการจัดเก็บรักษาวัสดุอ้างอิงเพื่อให้วัสดุอ้างอิงดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งรายละเอียดของการจัดเก็บรักษาวัสดุอ้างอิงและภาพประกอบดังแสดงในรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รายละเอียดการจัดเก็บ SRM</u>

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับ Material ในการหีบห่อ การจัดส่ง และการเก็บรักษาจะต้องมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ถูกต้อง

<u>การหีบห่อ</u>

1. Material ที่จัดซื้อจะต้องใส่กล่องเฉพาะของ Material นั้น
2. นำกล่องที่ห่อ Material ใส่กล่องที่มีวัสดุป้องกันการกระแทกเพื่อป้องกันการเสียหาย
3. ปิดผนึกให้แน่นหนา พร้อมจัดส่ง

<u>การจัดส่ง</u>

การจัดส่ง Material ขึ้นอยู่กับความสะดวกในการจัดส่ง และระยะเวลาที่ตกลงในการสั่งซื้อ

<u>การเก็บรักษา</u>

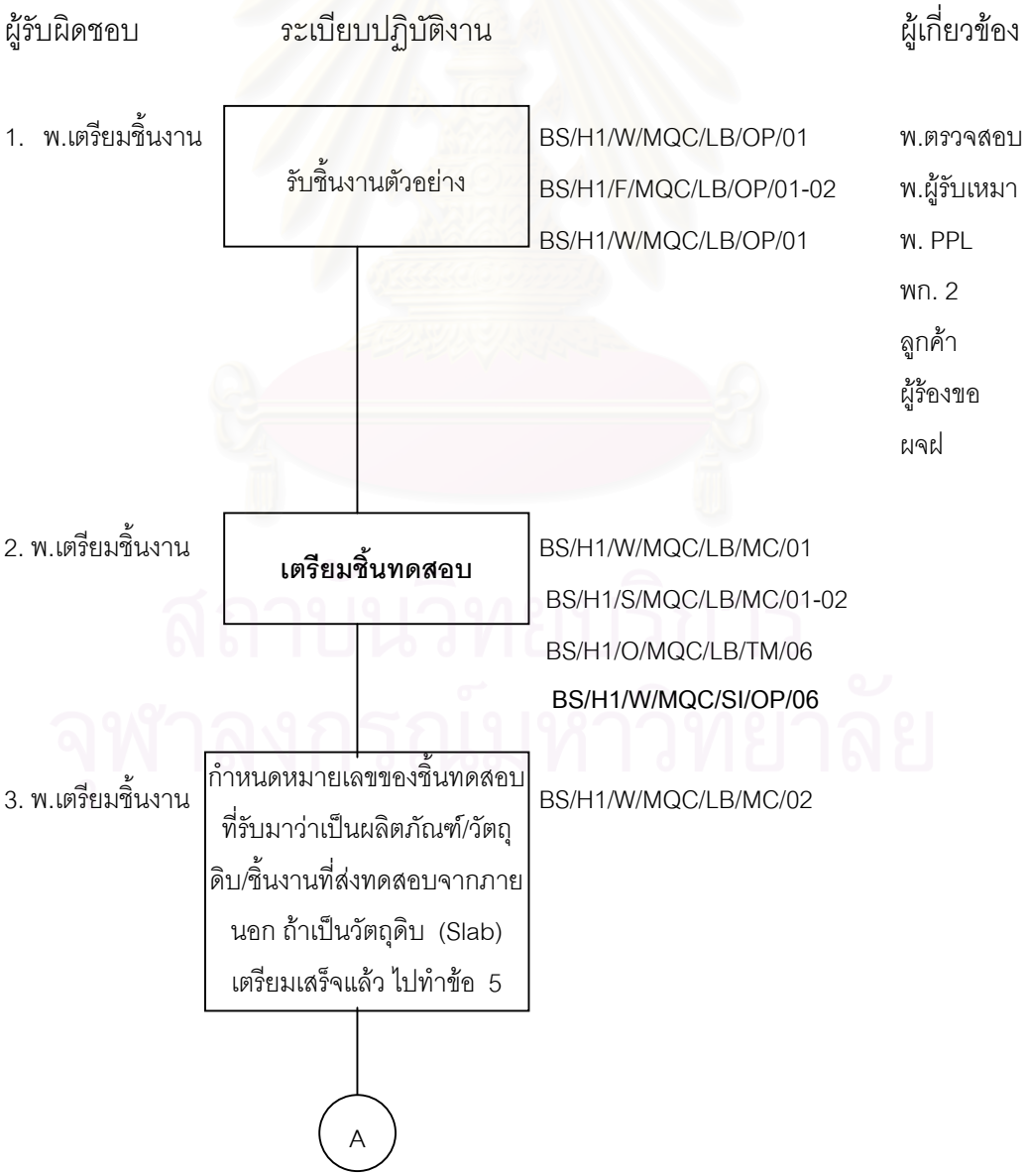
การเก็บรักษา Material เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความสำคัญเพื่อป้องกันการเกิดผลกระทบ ควรเก็บไว้ในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม

รูปที่ 4.14 แสดงรายละเอียดการจัดเก็บวัสดุอ้างอิง (SRM)

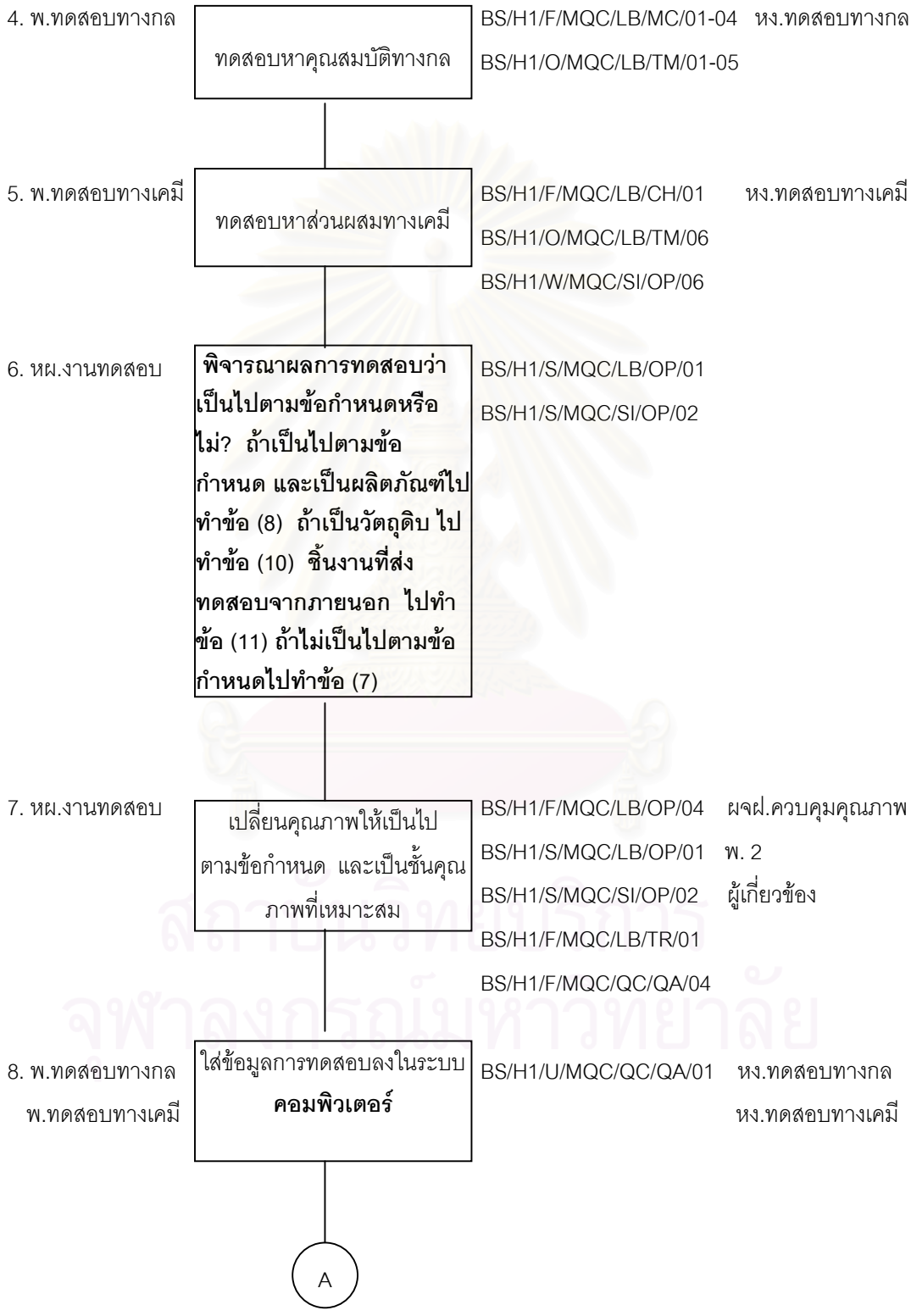
รูปที่ 4.15 แสดงภาพถ่ายการจัดเก็บวัสดุอ้างอิง (SRM)

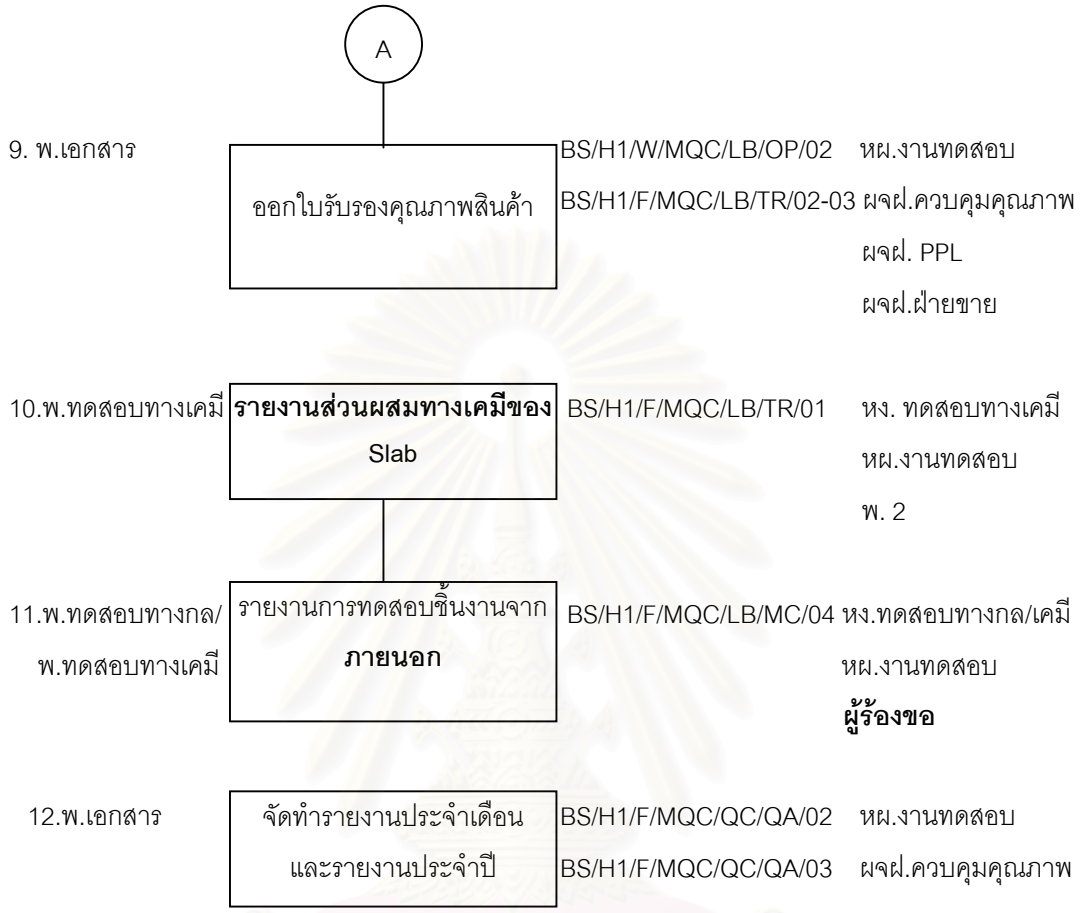
ข้อกำหนด 5.8 การดำเนินการทดสอบและสอบเทียบ (Handling of test and calibration items)

5.8.1 จากการทบทวนระเบียบการปฏิบัติงาน (Procedure) ของระบบเดิมพบว่าระบบเดิมเขียนไว้เพียงแต่กิจกรรมหลัก ๆ ซึ่งไม่ครอบคลอมถึงการดูแลรักษา Sample และการตรวจพินิจ Sample ก่อนนำมาทดสอบทำให้มีโอกาสเป็นไปได้มากกว่า Sample ที่สุ่มจากกระบวนการผลิตจะมีสภาพที่ไม่พร้อมกับการทดสอบ หรือมีความสับสนในเรื่องการระบุหมายเลขอันจะก่อให้เกิดการทดสอบผิดชิ้นเป็นที่มาของการขาดความน่าเชื่อถือของผลทดสอบดังได้กล่าวถึงปัญหานี้ไว้แล้วในแผนภูมิก้างปลา เมื่อพบข้อบกพร่องของระบบเดิมดังกล่าวแล้วก็จัดทำระบบใหม่ให้มีความรัดกุมมากขึ้น โดยระบบที่ออกแบบใหม่และเขียนออกมาในรูปของระเบียบปฏิบัติงานดังแสดงในรูปที่ 4.16



ผู้รับผิดชอบ	ระเบียบปฏิบัติงาน	ผู้เกี่ยวข้อง





รูปที่ 4.16 แสดงระเบียบปฏิบัติงานการควบคุมการบริการการทดสอบ

โดยในระเบียบการปฏิบัติงานดังกล่าวมีการจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) จำนวน 4 หน้า สำหรับการระบุหมายเลขของ Sample เพื่อป้องกันการสับสนและทดสอบชิ้นงานผิดชิ้นรายละเอียดของวิธีการปฏิบัติงานดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 4.17 ซึ่งตรงกับหน้าในวิทยานิพนธ์จากหน้า 113 ถึงหน้า 116

การกำหนดหมายเลขชิ้นงานทดสอบ

1. เกี่ยวกับการกำหนดหมายเลขชิ้นทดสอบ

เพื่อให้การแสดงผลการทดสอบมีความถูกต้องตรงกับชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบจริงจากห้องปฏิบัติการ รวมทั้งการติดตามตรวจสอบข้อมูลสามารถดำเนินการได้โดยไม่เกิดข้อผิดพลาดหรือสับสน อันเนื่องจากปริมาณงานทดสอบมีหลากหลาย จึงมีขั้นตอนการกำหนดหมายเลขชิ้นงานทดสอบขึ้นตามประเภทของชิ้นงานดังนี้

1-1) การกำหนดหมายเลขชิ้นงานสำหรับผลิตภัณฑ์

1-2) การกำหนดหมายเลขชิ้นงานสำหรับวัตถุดิบ

1-3) การกำหนดหมายเลขชิ้นงานสำหรับชิ้นงานจากภายนอก

1-4) การกำหนดหมายเลขชิ้นงานที่จะตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

2. วิธีดำเนินการ

2.1 การกำหนดหมายเลขชิ้นงานสำหรับผลิตภัณฑ์ (Hot Rolled Coils) กำหนดให้ใช้หมายเลขของ Coil Number นั้นเป็นหมายเลขของชิ้นงาน โดยมีความหมายเหมือนกับความหมายของ Coil ID นั้น ๆ

คือ ประกอบด้วยตัวเลข 9 หลัก ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1 23 45 678 9

A BB CC DDD E

X XX XX XXX X

หลักที่ 1 เป็นตัวเลขสุดท้ายของปี ค.ศ. เช่น 1996 – เลข 6

หลักที่ 2-3 เป็นสัปดาห์ที่ของปีนั้น โดยเริ่มนับจากสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนมกราคมจนถึงสัปดาห์ที่ 52 ของเดือนธันวาคม

หลักที่ 4-5 เป็น Program การผลิตลำดับที่ของสัปดาห์นั้น

หลักที่ 6-8 เป็นลำดับชิ้นที่ของ Hot Rolled Coils เรียงตามลำดับของ Program

หลักที่ 9 เป็นหมายเลขที่บอกถึงการแบ่ง Hot Coils เป็นชิ้นย่อย ๆ จาก Slab ชิ้นเดียวกันโดยที่ถ้าแสดงเป็น

เลข 1 หมายถึง ไม่มีการตัดแบ่ง

เลข 2 หมายถึง มีการแบ่งครึ่ง Slab ชิ้นนั้นขณะทำการผลิตที่ Hot Strip Mill โดยแต่ละชิ้นจาก HSM สามารถแบ่งเป็น 3, 5, 7 เป็น Coils ที่แบ่งย่อยจากม้วนที่ลงท้ายด้วย 1 และ 4, 6, 8 เป็น Coils ที่แบ่งย่อยจากม้วนที่ลงท้ายด้วย 2 ที่ Hot Finishing Line ถ้ามีโปรแกรมการตัดแบ่งดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. Coils ID 623090091

   คือ Hot Rolled Coils ที่ผลิตในปี 1996 สัปดาห์ที่ 23 ของปี อยู่ในโปรแกรมที่ 9 ของสัปดาห์และเป็นชิ้นที่ 9 ของโปรแกรม โดยไม่ได้ทำการแบ่งครึ่งวัตถุดิบ (Slab) ที่ HSM

2. Coil ID 623090992

   คือ Hot Rolled Coils ที่ผลิตในปี 1996 สัปดาห์ที่ 23 ของปี อยู่ในโปรแกรมที่ 9 ของสัปดาห์และเป็นชิ้นที่ 99 ของโปรแกรม โดยไม่ได้ทำการแบ่งครึ่งวัตถุดิบ (Slab) ที่ HSM โดยมาจากชิ้นที่ 2 ของวัตถุดิบ (Slab) เดียวกับ 623090991 แต่ได้มีการแบ่งบน HSM

2. Coil ID 623090993 มีความหมายเหมือนกันแต่เป็น Coils ที่แบ่งมาจาก HFL และแบ่งจาก 623090991 โดยที่มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ แต่ต้องการแบ่งตามน้ำหนักที่ลูกค้าต้องการ

2.2 การกำหนดหมายเลขของชิ้นงานที่เป็นวัตถุดิบ (Slab)

ในกรณีของวัตถุดิบจะทำการกำหนดหมายเลขชิ้นงานตามกรณีต่อไปนี้

1.2.1 กรณีตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของ Slab ตามปกติ

1.2.2 กรณีตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของ Slab กรณีการ Marking บน Slab ไม่ชัดเจนและต้องใช้หมายเลขสมมุติ (Dummy I.D) โดยการกำหนดหมายเลขของทั้ง 2 กรณีมีหลักการดังต่อไปนี้

กรณีตรวจสอบปกติ

หมายเลขของชิ้นงานทดสอบจะใช้หมายเลขของ Slab I.D ที่ฝ่ายวางแผนการผลิตเป็นผู้กำหนดหมายเลขและมีความหมายเหมือนกับผู้ผลิต Slab ด้วยคือ

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

X X X X X X X X X X

หลักที่ 1 เป็นอักษรย่อเพื่อบอกให้ทราบถึงผู้จำหน่าย Slab ดูรายละเอียดได้จากฝ่ายวางแผนการผลิต

หลักที่ 2-7 เป็นตัวเลขของการหลอมในขบวนการผลิต Slab ตามที่ผู้ผลิตกำหนดใช้

หลักที่ 8-10 เป็นลำดับชิ้นที่ของการหลอม Slab ในแต่ละครั้งซึ่งจะตรงกับหมายเลขของผู้ผลิต

กรณีตรวจสอบเพื่อแยกชิ้นคุณภาพของ Slab ที่ไม่สามารถระบุหมายเลขได้ให้ใช้หมายเลขสมมุติ

(Dummy No.) ในกรณีนี้การกำหนดหมายเลขของวัตถุดิบจะเป็นไปตามข้อกำหนดของฝ่ายวางแผน

การผลิตคือ

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

X X X X X X X X X X

หลักที่ 1 เป็นรหัสย่อของผู้ผลิตที่กำหนดโดย SSI เช่นเดียวกับกรณีปกติ

หลักที่ 2-7 เป็นตัวเลขเพื่อบ่งบอกว่าเป็นวัตถุดิบที่การกำหนดหมายเลขสมมุติให้

หลักที่ 8-10 เป็นลำดับชิ้นที่ของการกำหนดหมายเลขสมมุตินั้น

2.3 การกำหนดหมายเลขชิ้นงานทดสอบภายนอก

เมื่อมีการสงสัยในผลการทดสอบและคุณภาพจริงของผลิตภัณฑ์ที่ทางลูกค้าได้ใช้งานแล้วและต้องการให้ทางบริษัททำการทดสอบซ้ำ หรือหาสาเหตุของความเสียหายรวมถึงชิ้นงานที่หน่วยงานภายนอกร้องขอให้ทำการทดสอบ การกำหนดหมายเลขของชิ้นงานจะแยกต่างหากออกไปเป็นอีกหลุ่มหนึ่งเพื่อให้สะดวกในการติดตามความคืบหน้าของการทดสอบ โดยมีการกำหนดหมายเลขชิ้นงานดังนี้

กำหนดหมายเลขของชิ้นงานโดยใช้ปี/เดือน/ลำดับที่ ของชิ้นงานในแต่ละเดือนเป็นตัวกำหนดดังตัวอย่าง

1 2 / 3 4 / 5 6

X X / X X / X X

เช่น 96 / 08 / 23

หมายถึงชิ้นงานลำดับที่ 23 ของเดือนที่ 8 ในปี คศ. 1996

2.4 การกำหนดหมายเลขชิ้นงาน Metallography ของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์

ใช้หลักการเดียวกันกับงานทดสอบชิ้นงานจากภายนอก แต่จะใช้หลักสุดท้ายของปี ค.ศ. เป็นตัวเลขตัวหลังเพียงตัวเดียว ตัวอย่างเช่น 6/08/23 มีความหมายเหมือนกับชิ้นงานทดสอบจากภายนอกทุกอย่าง แต่การใช้สัญญลักษณ์ของปี ค.ศ. เพียงตัวเดียวจะเป็นการแบ่งประเภทว่าเป็นชิ้นงานที่ทำ Metallography

หมายเหตุ : Metallography เป็นวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติเหล็กกล้าคาร์บอน มีรายละเอียดอยู่ในการทดสอบคุณสมบัติทางกล

รูปที่ 4.17 แสดงวิธีการระบุหมายเลขชิ้นงานตัวอย่าง

นอกจากนั้นเพื่อให้ชิ้นงานทดสอบมีความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับสภาพของชิ้นงานทดสอบก่อนนำมาเตรียมเพื่อจะใช้ทดสอบจึงกำหนดให้มีการตรวจพินิจสภาพของชิ้นงานทดสอบก่อนนำมาทำการทดสอบ ซึ่งปัจจุบันระบบที่ออกแบบใหม่ได้บังคับพนักงานที่มีหน้า

ที่ในการตรวจรับชิ้นงานต้องทำการตรวจพินิจชิ้นงานทดสอบก่อนนำมาเตรียมชิ้นงานทดสอบที่พร้อมทำการทดสอบ และได้กำหนดให้บันทึกผลการตรวจสอบลงในบันทึกคุณภาพ ซึ่งมีชื่อว่า “แบบฟอร์มการรับชิ้นงานทดสอบ” ตัวอย่างของแบบฟอร์มดังแสดงในรูปที่ 4.18

SSI	SAMPLE CUTTING REPORT								MQC
Inspector Name : _____ Date : _____ Shift _____ Page _____									
Item	Coil No.	Dimension (T x W)	Commercial Quality	Sample Reason		Testing Unit No.	Finishing Temp.	Coiling Temp.	Sample Condition
				Schedule	Special				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

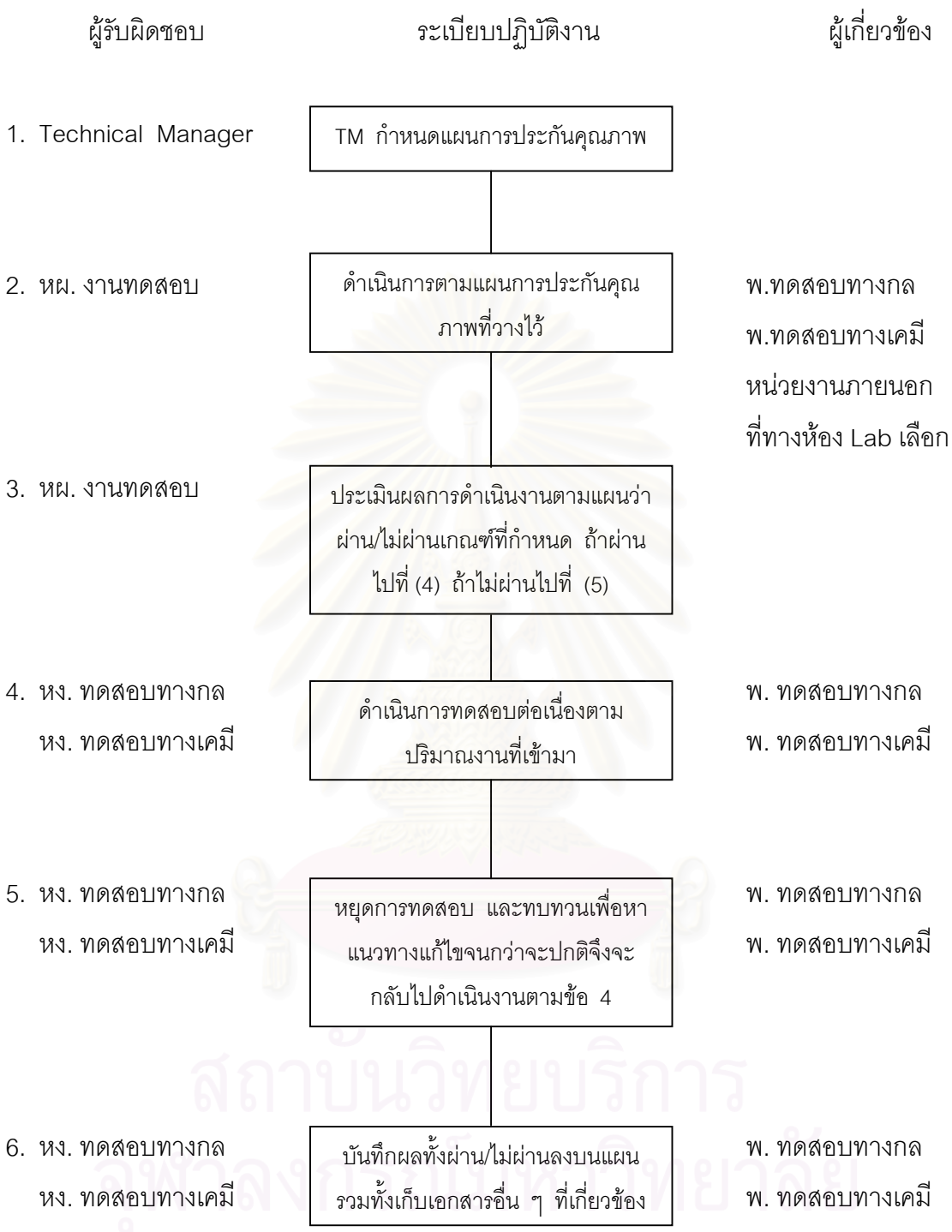
รูปที่ 4.18 แสดงตัวอย่างแบบฟอร์มรับชิ้นงานทดสอบ

ข้อกำหนด 5.9 การประกันคุณภาพของการทดสอบและสอบเทียบ (Assuring the quality of test and calibration items

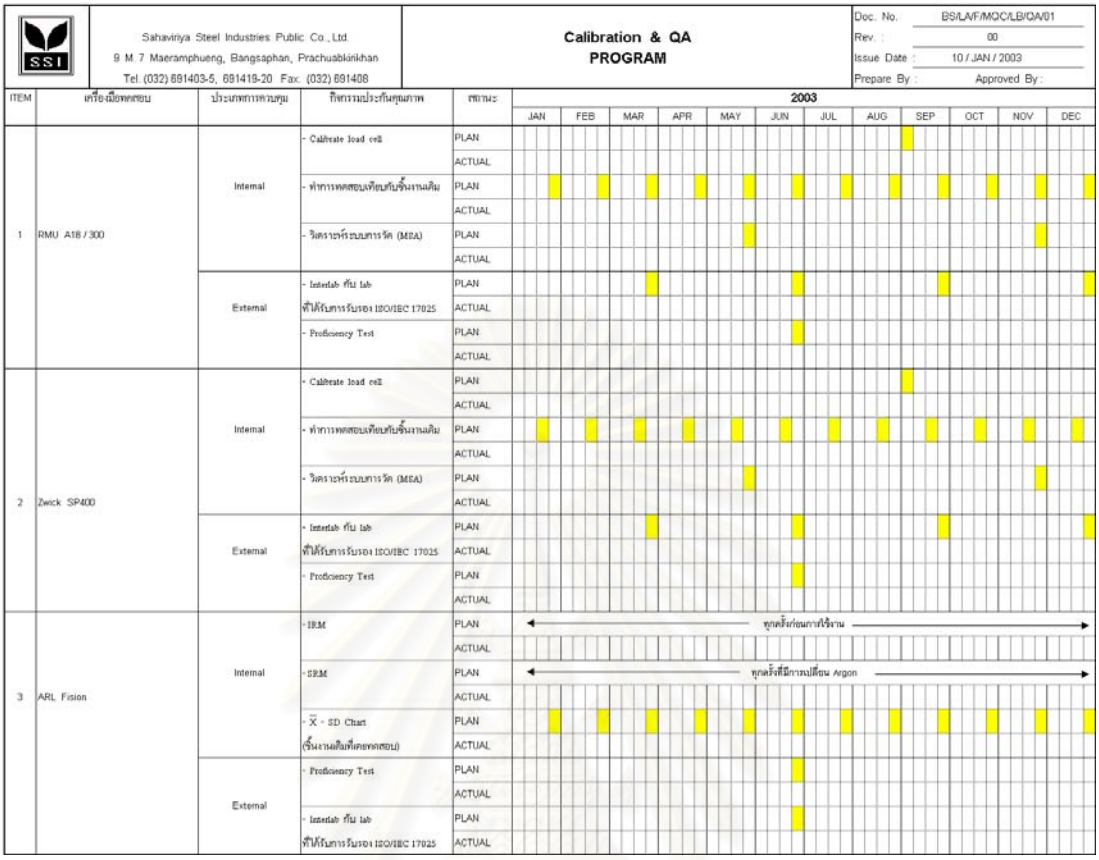
ในระบบเดิมถึงแม้จะมีการ Calibrate เป็นระยะเวลาแต่การทำเฉพาะ Calibration ไม่สามารถรับประกันได้ว่าทุกครั้งที่มีการใช้เครื่องเพื่อการทดสอบเครื่องยังคงมีความน่าเชื่อถือและพร้อมที่จะใช้ทดสอบ ดังนั้นจึงต้องออกแบบระบบที่จะนำมาใช้ประกันคุณภาพ รวมถึงการทำบันทึกผลจากการปฏิบัติตามระบบเพื่อนำมาวิเคราะห์หรือทบทวนเมื่อเครื่องมือได้ถูกใช้ไปในระยะเวลานานระบบประกันคุณภาพจะเป็นตัวบอกให้เราทราบถึงความน่าเชื่อถือของเครื่องมือทดสอบในแต่ละช่วงเวลา โดยเครื่องมือที่ใช้ประกันคุณภาพก็จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของเครื่องมือทดสอบ และระดับความน่าเชื่อถือที่ต้องการ โดยสรุประบบประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างที่ได้ออกแบบไปสามารถแยกตามประเภทของเครื่องมือทดสอบดังนี้

- เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal testing machine)
  1. Calibration load cell และ Extensometer
  2. ทดสอบเทียบกับชิ้นงานเดิม
  3. Inter lab กับ Lab ภายนอก
  4. เข้าร่วมโครงการ Proficiency test
  5. วิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)
- เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี
  1. ทดสอบเทียบกับวัสดุอ้างอิงภายใน (IRM)
  2. ทดสอบเทียบกับวัสดุอ้างอิงจากภายนอก ซึ่งเป็นของหน่วยงานที่ยอมรับในระดับสากล (SRM)
  3. เข้าร่วมโครงการ Proficiency test

ซึ่งกิจกรรมทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นได้ถูกเขียนเป็นระเบียบปฏิบัติงาน (Procedure) และจัดทำเป็น QA Program เพื่อใช้ติดตามและบันทึกสถานะของกิจกรรม รายละเอียดของระเบียบปฏิบัติงานและแผนการประกันคุณภาพดังแสดงในรูปที่ 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ



รูปที่ 4.19 แสดงระเบียบปฏิบัติงานการประกันคุณภาพ



Sahaviriya Steel Industries Public Co., Ltd.
9 M. 7 Maeramphueng, Bangsaphan, Prachuabkirikhan
Tel. (032) 691403-5, 691418-20 Fax. (032) 691408

Calibration & QA PROGRAM

Doc. No. BS/LAF/MQC/LB/QA/01
Rev. : 00
Issue Date : 10 / JAN / 2003
Prepare By : Approved By :

ITEM	เครื่องมือทดสอบ	ประเภทการควบคุม	กิจกรรมประกันคุณภาพ	สถานะ	2003 JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	RMU A18 / 300	Internal	- Calibrate load cell	PLAN												
				ACTUAL												
			- ทำการทดสอบเทียบกับชิ้นงานเดิม	PLAN												
				ACTUAL												
			- วิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)	PLAN												
				ACTUAL												
		External	- Interlab กับ lab	PLAN												
			ที่ได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025	ACTUAL												
			- Proficiency Test	PLAN												
				ACTUAL												
2	Zwick SP400	Internal	- Calibrate load cell	PLAN												
				ACTUAL												
			- ทำการทดสอบเทียบกับชิ้นงานเดิม	PLAN												
				ACTUAL												
			- วิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)	PLAN												
				ACTUAL												
		External	- Interlab กับ lab	PLAN												
			ที่ได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025	ACTUAL												
			- Proficiency Test	PLAN												
				ACTUAL												
3	ARL Fision	Internal	- IRM	PLAN	← ทุกครั้งก่อนการใช้งาน →											
				ACTUAL												
			- SRM	PLAN	← ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยน Argon →											
				ACTUAL												
			- $\bar{X}$ - SD Chart	PLAN												
			(ชิ้นงานเดิมที่เคยทดสอบ)	ACTUAL												
		External	- Proficiency Test	PLAN												
				ACTUAL												
			- Interlab กับ lab	PLAN												
			ที่ได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025	ACTUAL												

รูปที่ 4.20 แสดงแผนการประกันคุณภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การประยุกต์ใช้ระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ

จากรายละเอียดในแต่ละข้อกำหนดของระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025) ที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 3 จนถึงสิ่งที่ได้ออกแบบใหม่หรือปรับปรุงจากระบบเดิมในบทที่ 4 การที่จะทำให้สาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดความไม่น่าเชื่อถือของผลทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างดังกล่าว จำเป็นต้องมีการประยุกต์ใช้ระบบที่ได้แสดงรายละเอียดไว้แล้วในบทที่ 4 นั้นมีข้อปลีกย่อยมากมาย ซึ่งในบางส่วนก็สามารถประยุกต์ใช้ได้ทันที ในบางส่วนก็มีข้อจำกัดอันทั้งเนื่องจากเรื่องเวลาหรือเหตุผลทางเทคนิคทำให้ไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งในบทที่ 5 นี้จะเป็นการกล่าวถึงรายละเอียดการประยกุต์ใช้และข้อจำกัดต่าง ๆ จากรายละเอียดในบทที่ 4

5.1 รายละเอียดการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดของระบบประกันความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025) สามารถแสดงเป็นตารางที่ 5.1 เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ

รายละเอียดการประยุกต์ใช้	ช่วงเวลาประยุกต์ใช้	ข้อจำกัดหรือปัญหา
ข้อกำหนด 5.2 บุคลากร (Personnel) - ประยุกต์ใช้ระเบียบปฏิบัติการ เรื่องการฝึกอบรม (Training Procedure) - การประยุกต์ใช้ Job Description ใหม่และตารางแสดงความสามารถของพนักงานห้องปฏิบัติการทดสอบ	ตุลาคม 45 ตุลาคม 45	ไม่มี ไม่มี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดการประยุกต์ใช้	ช่วงเวลาประยุกต์ใช้	ข้อจำกัดหรือปัญหา
ข้อกำหนด 5.3 ลักษณะของห้องปฏิบัติการทดสอบและสิ่งแวดล้อม (Accommodation and Environmental)		
- จัดทำแบบฟอร์มบันทึกอุณหภูมิและความชื้น	พฤศจิกายน 45	ไม่มี
- ระบบควบคุมการเข้า-ออกของบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้อง	ตุลาคม 45	ไม่มี
- แยกพื้นที่การทดสอบออกจากกิจกรรมอื่น ๆ อย่างชัดเจน	ตุลาคม 45	ไม่มี
ข้อกำหนด 5.4 วิธีการทดสอบ, สอบเทียบ และพิสูจน์ (Test and calibration methods and method validation)		
- การจัดทำระบบปฏิบัติงานและรายละเอียดการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน	พฤศจิกายน 45	ไม่มี
- ตารางเปรียบเทียบวิธีการทดสอบแรงดึงตามมาตรฐานสากลต่าง ๆ	พฤศจิกายน 45	ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าสามารถทดสอบตามวิธีการในทุกมาตรฐานที่ทำตารางเปรียบเทียบไว้หรือไม่ เนื่องจากค่าทางเทคนิคบางอย่างต้องนำมาตรวจสอบกับความสามารถของเครื่องก่อนว่าสามารถทได้ในทางปฏิบัติหรือไม่
- การทดสอบส่วนผสมทางเคมีได้นำคู่มือการใช้งานที่ติดมากับตัวเครื่องเป็นรายละเอียดการปฏิบัติงาน ดังนั้นจำเป็นต้องทำการพิสูจน์วิธีทดสอบโดยใช้ SRM (Standard reference materials)	พฤศจิกายน 45	ไม่มี
- การจัดทำวิธีการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Measurement Uncertainty)	ตุลาคม 45	ไม่มี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดการประยุกต์ใช้	ช่วงเวลาประยุกต์ใช้	ข้อจำกัดหรือปัญหา
ข้อกำหนด 5.5 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ (Equipment)		
- รายละเอียดการปฏิบัติงานการสอบเทียบที่จัดทำขึ้นใหม่	วางแผนว่าจะประยุกต์ใช้ มกราคม 45	เนื่องจากต้องรอให้รายการสอบเทียบของปี 2545 ในหลาย ๆ รายการจบสิ้นลงเสียก่อน
- แผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร	ตุลาคม 45	ไม่มี
- ประวัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักร	ตุลาคม 45	ไม่มี
- การติดสัญลักษณ์เตือนห้าม การปรับแต่งและระบบใส่ Password เพื่อป้องกันการปรับเปลี่ยนค่าใน Software	พฤศจิกายน 45	ไม่มี
ข้อกำหนด 5.6 การสอบกลับได้ (Measurement Traceability)		
- มีการจัดทำรายละเอียดของผู้รับเหมาช่วงที่ได้รับการอนุญาต รวมถึงเกณฑ์การประเมินผู้รับเหมาช่วงที่ต้องใช้บริการทางด้านเทคนิค	ตุลาคม 45	ไม่มี
- รายละเอียดการจัดเก็บ SRM และการจัดเก็บ SRM ที่ถูกวิธีเพื่อให้คงสภาพและมีความน่าเชื่อถือตลอดเวลา	ตุลาคม 45	ต้องติดต่อขอคำแนะนำจากผู้ผลิต เนื่องจากในเมืองไทยไม่มีผู้ที่เชี่ยวชาญในการจัดเก็บดังกล่าว ในที่นี้ก็คือต้องติดต่อกับ NIST โดยตรงผ่านทาง E-mail

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดการประยุกต์ใช้	ช่วงเวลาประยุกต์ใช้	ข้อจำกัดหรือปัญหา
ข้อกำหนด 5.8 การดำเนินการทดสอบและสอบเทียบ (Handling of test and calibration items)		
- จัดทำระเบียบการปฏิบัติงานการควบคุมการบริการงานทดสอบขึ้นมาใหม่	ตุลาคม 45	ไม่มี
- การจัดทำรายละเอียดการปฏิบัติงานของการระบุหมายเลข Sample เพื่อให้เกิดความชัดเจนและเป็นไปในแนวทางเดียวกัน	ตุลาคม 45	ไม่มี
- การประยุกต์ใช้แบบฟอร์มการรับชิ้นงานทดสอบใหม่ ซึ่งจะมีการตรวจพินิจสภาพของ Sample ก่อนนำมาเตรียมชิ้นงานทดสอบ	ตุลาคม 45	ไม่มี
ข้อกำหนด 5.9 การประกันคุณภาพของการทดสอบและสอบเทียบ (Assuring the quality of test and calibration items)		
- จัดทำระเบียบปฏิบัติงานสำหรับการประกันคุณภาพ	พฤศจิกายน 45	ไม่มี
- จัดทำแผนการประกันคุณภาพตามที่ระบุไว้ในระเบียบปฏิบัติงาน	พฤศจิกายน 45	ถึงแม้ว่าแผนสำหรับการประกันคุณภาพจะได้จัดทำเสร็จสิ้นแล้ว แต่ก็ยังไม่ประยุกต์ใช้ทั้งหมดโดยสมบูรณ์ โดยแผนการประยุกต์ใช้จริงจะเริ่มในปี 2546 เนื่องจากมีกิจกรรมตามแผนในหลาย ๆ รายการที่ต้องรอการบริการ หรือจัดหาหน่วยงานที่จะใช้บริการ - การสอบเทียบ Extensometer - การเข้าร่วม Proficiency test program

ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้ระบบที่ออกแบบตามข้อกำหนดของระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025)

จากตารางข้างต้นจะเห็นว่าการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดต่าง ๆ และระบบที่ออกแบบไว้จะอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน 2545 โดยในบางข้อกำหนดนั้นยังไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้ต้องรอไปประยุกต์ใช้ในต้นปี 2546 ซึ่งเหตุผลต่าง ๆ ในเรื่องข้อจำกัดทั้งทางด้าน เวลา และเทคนิคดังกล่าวไว้แล้วดังตารางข้างต้น อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ระบบต่าง ๆ ดังตารางข้างต้นนั้นก็มีขั้นตอนย่อยก่อนการประยุกต์ใช้ซึ่งเห็นว่าจำเป็นต้องกล่าวถึง เพื่อให้ทราบว่าการประยุกต์ใช้มีการรีดกุมเพียงพอหรือไม่ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1

การอนุมัติใช้ระบบหรือเอกสารต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิมจะมีการนำเสนอเป็นขั้นตอนก่อนอนุมัติใช้ตามสายการบังคับบัญชาดังนี้

- หัวหน้างานที่รับผิดชอบโดยตรงในงานทดสอบนั้นเป็นคนเสนอขอ
- หัวหน้าแผนกซึ่งเป็นวิศวกรมีหน้าที่ตรวจทานและแก้ไขร่วมกับหัวหน้างานเพื่อให้ได้ระบบหรือเอกสารที่สมบูรณ์
- ผู้จัดการส่วนทบทวน และตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งก่อนอนุมัติใช้

ขั้นตอนที่ 2

ฝึกอบรมพนักงานทุกคนที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เข้าใจระบบที่ออกแบบใหม่ พร้อมทั้งเน้นย้ำในส่วนที่ต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดเพื่อให้มีผลกระทบถึงการทดสอบน้อยที่สุด โดยมีขั้นตอนการฝึกอบรมดังนี้

- ฝึกอบรมให้มีความรู้ความเข้าใจในระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025) อย่างคร่าว ๆ โดยมุ่งเน้นประโยชน์ที่จะได้รับจากการประยุกต์ใช้ระบบดังกล่าวโดยเน้นในด้านเทคนิค รวมถึงสรุปข้อกำหนดต่าง ๆ ที่จะประยุกต์ใช้ในอนาคตเพื่อให้พนักงานทราบว่าจะต้องมีส่วนเข้าไปเกี่ยวข้องในจุดใดหรือขั้นตอนใดบ้าง
- ฝึกอบรมเชิงลึกในเรื่องเทคนิคที่พนักงานในแต่ละตำแหน่งต้องเข้าไปเกี่ยวข้องก่อนจะนำระบบหรือขั้นตอนนั้น ๆ ไปใช้ เช่น การอบรมวิธีการทดสอบเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล ซึ่งจำเป็นต้องอบรมและทำความเข้าใจกับพนักงานก่อนจะเริ่มใช้รายละเอียดการปฏิบัติงาน เพื่อให้พนักงานมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้เพื่อขจัดความเคยชินเก่า ๆ ในการทำงานออก ซึ่งการอบรมนี้จะมีการอบรมอยู่หลายครั้งในกลุ่มพนักงานที่แตกต่างกันแล้วแต่ความจำเป็น

ขั้นตอนที่ 3

ทำการติดตามผลการอบรมโดยให้หัวหน้างานหรือหัวหน้าแผนกเข้าไปสัมภาษณ์ตรวจสอบความเข้าใจหลังจากดำเนินการเริ่มใช้ระบบในแต่ละส่วนเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าพนักงานมีความเข้าใจ และปฏิบัติตามระบบได้อย่างถูกต้อง รวมถึงการรวบรวมปัญหาที่อาจจะมีหลังจากประยุกต์ใช้ระบบจริงไปภายในระยะหนึ่ง

โดยในการปฏิบัติดังกล่าวข้างต้นจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ข้อกำหนดของระบบประกันความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025) ในอนาคตอีก 3 ข้อคือ ข้อกำหนด 4.13 การตรวจติดตามภายใน (Internal Audits) และข้อกำหนด 4.10 การดำเนินการแก้ไข (Corrective Action) อันจะนำไปสู่การพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่องของห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวกล่างดังกล่าว แต่เนื่องจากระยะเวลาในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้จำกัด จึงไม่สามารถประยุกต์ข้อกำหนดทั้ง 3 ดังกล่าวได้ทัน อีกทั้งข้อกำหนดทั้ง 3 ไม่ได้เป็นข้อกำหนดที่สามารถแก้ปัญหาของการศึกษาวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงไม่จำเป็นที่ต้องประยุกต์ใช้ในขณะนี้ แต่จะนำไปใส่ไว้ในข้อเสนอแนะในบทถัดไป

5.3 การติดตามผลการประยุกต์ใช้

นอกเหนือจากการติดตามผลในการประยุกต์ใช้กับพนักงานที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ และรับทราบปัญหาตามรายละเอียดใน 5.2 แล้วนั้นเพื่อให้ทราบถึงความสัมฤทธิ์ผลของการประยุกต์ใช้ระบบจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบตัวชี้วัดเพื่อให้ทราบถึงการพัฒนาของระบบที่จัดทำขึ้น โดยจะทำการเปรียบเทียบในเรื่องที่ได้เก็บข้อมูลหรือทำการศึกษาไว้ก่อนปรับปรุงระบบ โดยในที่นี้ได้แบ่งเป็น 2 หัวข้อ ตามที่ได้กล่าวไว้ในวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. ปริมาณการทดสอบซ้ำลดลงหรือไม่
2. ความน่าเชื่อถือของผลทดสอบดีขึ้นหรือไม่ โดยใช้เทคนิค MSA (Measurement system analysis) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ โดยจะทำการทดลองตามเทคนิค MSA โดยขั้นตอนและปัจจัยต่าง ๆ เช่น จำนวนพนักงาน, จำนวนชิ้นงานทดสอบ ฯลฯ ตามกระบวนการเดิมที่ได้เคยทดลองไปก่อนที่จะมีการประยุกต์ใช้ระบบใหม่ เพื่อให้มีปัจจัยต่าง ๆ ใกล้เคียงกันมากที่สุด ยกเว้นว่าการทดลองแรกทำก่อนที่จะมีประยุกต์ใช้ระบบ และการทดลองอีกครั้งเป็นการทดลองหลังจากประยุกต์ใช้ระบบใหม่ไปบางส่วนแล้ว ตามรายละเอียดที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 5.1 ตารางแสดงรายละเอียดของการประยุกต์ใช้ระบบ

สำหรับในรายละเอียดของการทดลองตามเทคนิค MSA จะไม่ขอกล่าวซ้ำในบทนี้ แต่สามารถย้อนกลับไปดูรายละเอียดได้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.5 การวิเคราะห์ระบบการวัดในลักษณะสมบัติเชิงปริมาณหรือเชิงผันแปร

5.4 ผลจากการประยุกต์ใช้

หลังจากประยุกต์ใช้ระบบทางห้องปฏิบัติการทดสอบจึงได้ดำเนินการเก็บผลเพื่อเป็นการชี้วัดประสิทธิผลของการดำเนินการจัดทำระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน โดยจะทำการวัดผลใน 2 จุดดังต่อไปนี้

5.4.1 ปริมาณทดสอบซ้ำ

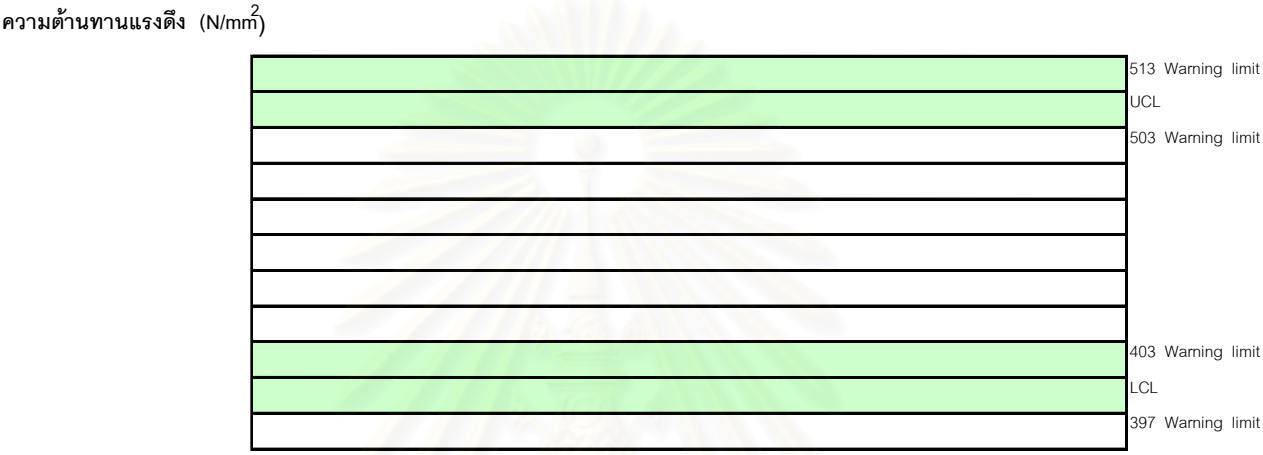
ก่อนจะกล่าวถึงปริมาณทดสอบซ้ำว่าก่อนประยุกต์ใช้ระบบ และหลังปรับปรุงใช้ระบบมีแนวโน้มเป็นอย่างไร จะขออธิบายขั้นตอนและหลักการในการทดสอบซ้ำก่อนการประยุกต์ใช้ระบบและหลังประยุกต์ใช้ระบบเสียก่อนเพื่อทำความเข้าใจก่อนการเปรียบเทียบและแสดงผลให้เห็น เนื่องจากการปรับเปลี่ยนหลักการในการทดสอบซ้ำ เนื่องจากการประยุกต์ใช้ระบบประกันความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ (ISO/IEC 17025) นี่เองที่ได้ทำให้ปริมาณทดสอบซ้ำลดลงอย่างมาก และมีความมั่นใจมากขึ้นในผลการทดสอบรวมถึงการส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่มีความเสี่ยงที่ออกนอกเกณฑ์มาตราฐานให้ลูกค้าน้อยลง

ก่อนการประยุกต์ใช้ระบบนั้นเมื่อมีผลิตภัณฑ์ที่ออกนอกเกณฑ์มาตรฐานในครั้งแรกทุกครั้งจะต้องทำการทดสอบซ้ำ เนื่องจากความไม่มั่นใจในผลการทดสอบต้องการยืนยันผลอีกครั้ง โดยการทดสอบซ้ำดังกล่าวจะทำการทดสอบทั้งส่วนผสมทางเคมีและคุณสมบัติเชิงกล เพื่อดูความสอดคล้องต่าง ๆ ด้วย

หลังจากประยุกต์ใช้ระบบได้ทำการเปลี่ยนหลักการในการทดสอบซ้ำ โดยจะทดสอบซ้ำเฉพาะชิ้นงานที่อยู่นอกเกณฑ์มาตรฐาน แต่มีโอกาสที่จะอยู่ในเกณฑ์มาตราฐานหรือชิ้นงานทดสอบที่มีผลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแต่อยู่ในช่วงที่มีความเสี่ยงที่จะออกนอกเกณฑ์มาตรฐานซึ่งรายละเอียดของตัวอย่างการพิจารณาเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจทดสอบซ้ำแสดงตามรูปที่ 5.1 โดยค่าที่ใช้เป็นตัวกำหนดความผันแปรที่อาจเกิดขึ้นได้จากการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement Uncertainty) ซึ่งได้จากการประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 5.4 การสอบกลับได้ของผลการวัด (Measurement Uncertainty) ที่ระบุว่าการทดสอบต้องจัดทำการระบุปัจจัยหรือแหล่งที่มาที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในการวัด รวมทั้งแสดงวิธีการคำนวณเพื่อให้ทราบค่าผันแปรที่อาจจะเกิดได้จากการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงหลักการทดสอบซ้ำดังกล่าวนี้เอง ทำให้ปริมาณทดสอบซ้ำลดลงอย่าง

มาก เนื่องจากไม่ต้องทดสอบซ้ำทุกชิ้นงานที่อยู่นอกเกณฑ์มาตรฐานดังเช่นแต่ก่อนผลของการเปรียบเทียบปริมาณทดสอบซ้ำก่อนและหลังประยุกต์ใช้ระบบดังแสดงในตารางที่ 5.2 และเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจจึงทำการแสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบซ้ำดังแสดงในรูปที่ 5.2

หมายเหตุ : บริเวณที่แรงเงา คือ บริเวณที่ถ้าผลทดสอบอยู่ในช่วงดังกล่าวจะทำการทดสอบซ้ำ

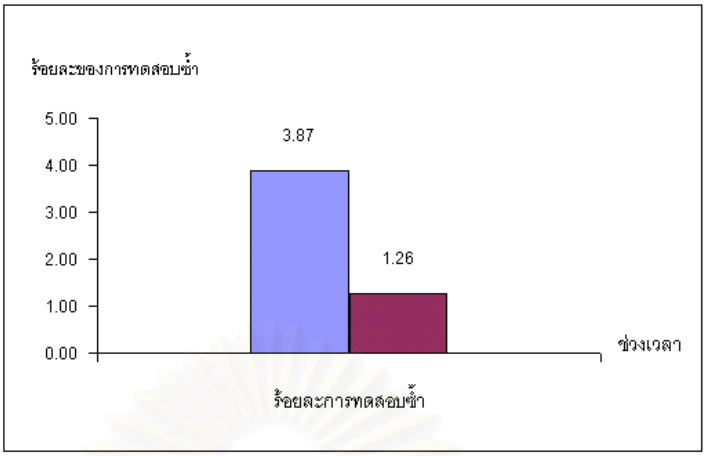


รูปที่ 5.1 แสดงตัวอย่างขอบเขตการควบคุม เพื่อ พิจารณาชิ้นงานทดสอบซ้ำ โดย จากรูปเป็นเหล็กเกรด TISSS400 มีมาตราฐานควบคุมค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ $\pm$ 3.00 N/mm^2

หมายเหตุ : การบันทึกข้อมูลดิบที่ใช้ในการคำนวณปริมาณทดสอบซ้ำดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.

ช่วงเวลา	ก่อนประยุกต์ใช้ระบบ (มกราคม 44 – กันยายน 45)	หลังประยุกต์ใช้ระบบ (ตุลาคม 45 – ธันวาคม 45)
ปริมาณทดสอบทั้งหมด	9862	1514
ปริมาณทดสอบซ้ำ	382	19
ร้อยละการทดสอบซ้ำ	3.87	1.26

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณทดสอบซ้ำก่อน-หลังการประยุกต์ใช้ระบบ



รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของการทดสอบซ้ำที่ลดได้

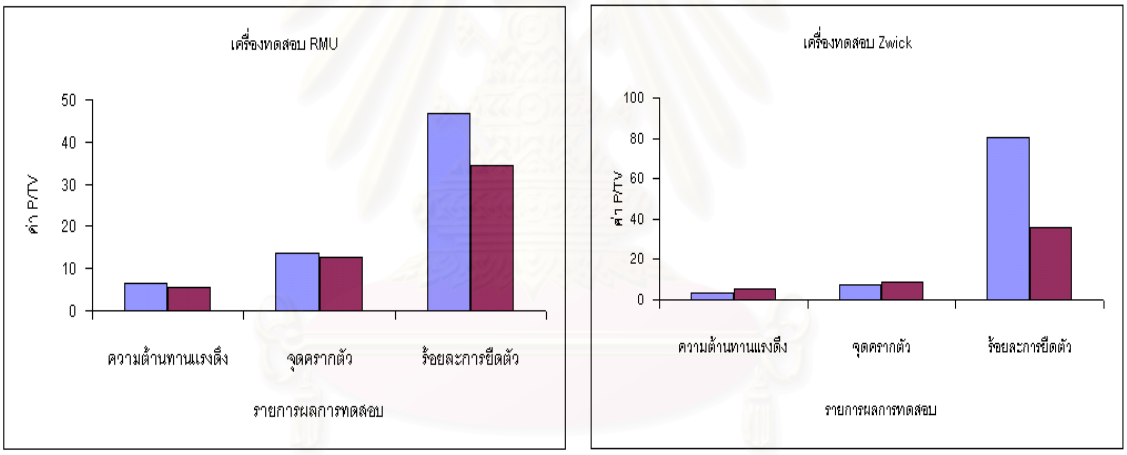
5.4.2 ความน่าเชื่อถือของผลทดสอบ

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าหลังจากดำเนินการประยุกต์ใช้ระบบเรียบร้อยก็จะทำการวิเคราะห์ระบบการวัดอีกครั้งหนึ่งด้วยเทคนิค MSA (Measurement System Analysis) ซึ่งการเปรียบเทียบจะมุ่งเน้นไปยังรายการของผลทดสอบที่มีค่า P/TV > 10% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ควรปรับปรุง รวมถึงรายการของผลการทดสอบที่มีค่า P/TV > 30% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับไม่ได้ โดยผลของการวิเคราะห์ระบบการวัดก่อนการประยุกต์ใช้ระบบนั้นได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 3.2 ซึ่งแสดงค่าความผันแปรของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง 2 เครื่อง และตารางที่ 3.3 แสดงค่าความผันแปรของเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี สำหรับผลของการวิเคราะห์ระบบการวัดหลังการประยุกต์ใช้ระบบนั้นได้ดำเนินการหลังจากประยุกต์ใช้ระบบไปได้ระยะเวลาหนึ่ง รายละเอียดของการประยุกต์ใช้ดังแสดงในตารางที่ 5.1 พบว่าในรายการของการทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์รับได้หมายถึง P/TV < 10% ถึงแม้จะมีค่าเพิ่มขึ้นบ้างแต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ สำหรับรายการทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์รับได้แต่การปรับปรุง และยอมรับไม่ได้นั้นมีการปรับปรุงขึ้นระดับหนึ่ง ดังรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.3 ซึ่งแสดงถึงการปรับปรุงของค่า P/TV ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

เครื่องทดสอบ	ค่า P/TV					
	ความต้านทานแรงดึง		จุดครากตัว		ร้อยละการยืดตัว	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
RMU	6.57	5.53	13.57	12.64	46.77	34.56
Zwick	3.35	5.21	7.44	9.01	80.72	35.98

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า P/TV ของเครื่องทดสอบ
ความต้านทานแรงดึงก่อนหลังประยุกต์ใช้ระบบ

เพื่อให้เห็นภาพควรเปรียบเทียบได้ชัดเจนจึงขอแสดงในรูปของกราฟแท่ง เพื่อแสดงการเปรียบเทียบผลจากตารางที่ 5.3 ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบของค่าของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง
P/TV ก่อนการประยุกต์ระบบ และหลังการประยุกต์ระบบ

จากตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.3 สรุปได้ว่าจุดครากตัวของเครื่อง RMU ที่ถึงแม้อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ แต่การปรับปรุงนั้นมีค่า P/TV ดีขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อยแต่ก็ยังคงมากกว่า 10 % ซึ่งต้องปรับปรุงต่อ

สำหรับร้อยละการยืดตัวของทั้ง 2 เครื่อง ซึ่งมีค่า P/TV อยู่ในเกณฑ์สูงมากก่อนประยุกต์ใช้ระบบถึงแม้หลังประยุกต์ใช้ระบบจะมีการปรับปรุงอย่างมาก แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับไม่ได้อยู่ ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการที่ขาดการสอบเทียบ Extenso meter

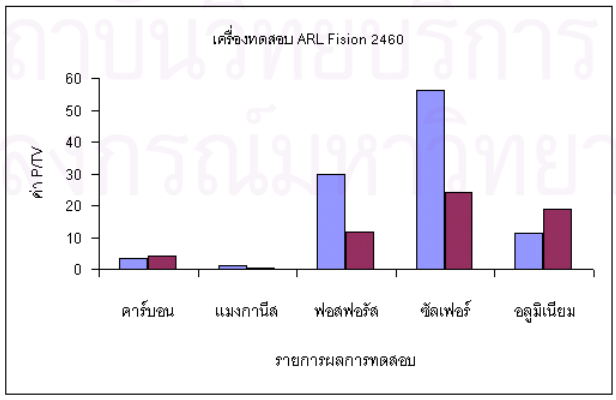
ซึ่งจะมีการสอบเทียบหลังจากประยุกต์ใช้ระบบ แต่ปัจจุบันยังไม่ได้ดำเนินการ สาเหตุที่สันนิษฐานดังกล่าวเนื่องจาก รายการอื่นที่ไม่ได้อาศัยการวัดระยะทางจาก Extenso meter ล้วนอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

สำหรับเครื่องมือทดสอบอีกรายการหนึ่งก็คือเครื่องมือทดสอบหาส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก (Optical Emission Spectrometer) นั้นก็ได้มีการวิเคราะห์ระบบการวัดหลังการประยุกต์ใช้ระบบเช่นกัน ซึ่งในหลักการในการดูผลในการปรับปรุงก็เช่นเดียวกับความต้านทานแรงดึงก็คือค่าที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้คือ P/TV < 10% ควรจะอยู่ในเกณฑ์เดิมหลังการปรับปรุง ส่วนที่จะเน้นและพิจารณาดูว่าระบบการวัดมีการปรับปรุงขึ้นหรือไม่คือ รายการทดสอบที่มีค่า P/TV > 10% แต่ไม่เกิน 30% ว่ามีการปรับปรุงขึ้นหรือไม่และรายการที่มีค่า P/TV > 30% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับไม่ได้มีการปรับปรุงจนอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้หรือไม่ โดยผลของค่า P/TV ก่อนประยุกต์ใช้ระบบและหลังประยุกต์ใช้ระบบแสดงดังตารางที่ 5.4

เครื่องทดสอบ	ค่า P/TV ของแต่ละธาตุ									
	คาร์บอน		แมงกานีส		ฟอสฟอรัส		ซัลเฟอร์		อลูมิเนียม	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ARL Fision 2460	3.27	4.01	0.96	0.54	29.86	11.8	56.36	24.03	11.48	18.99

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า P/TV ของเครื่องทดสอบ
ส่วนผสมทางเคมีก่อนและหลังประยุกต์ใช้ระบบ

เพื่อให้มองเห็นภาพการเปรียบเทียบได้ง่ายขึ้นจึงได้นำผลจากตารางที่ 5.4 มาแสดงผลในรูปกราฟแท่งดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า P/TV ของเครื่องทดสอบ
ส่วนผสมทางเคมีก่อน และหลังประยุกต์ใช้ระบบ

หมายเหตุ : สำหรับรายละเอียดเช่นข้อมูลดิบและวิธีการคำนวณ เนื่องจากมีรายละเอียด มาก จึงได้แสดงไว้ในภาคผนวกที่ ก. 2 วิธีการคำนวณค่าความแปรปรวนของความแม่นยำระบบการวัดโดยวิธีค่าเฉลี่ย และพิสัยหลังการปรับปรุง

จากการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าความผันแปรของระบบการวัดหลังประยุกต์ใช้ระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐานมีผลเป็นที่น่าพอใจระดับหนึ่ง เนื่องจากรายการทดสอบของธาตุที่มีผลของค่า P/TV ที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์เดิม แต่สิ่งที่ได้คือค่าซัลเฟอร์ที่ก่อนประยุกต์ใช้ระบบมีค่าสูงมาก และอยู่ในเกณฑ์ยอมรับไม่ได้กลับมาอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้แต่ควรปรับปรุงต่อ รวมถึงค่าฟอสฟอรัสที่ก่อนการประยุกต์ระบบเกือบอยู่ในเกณฑ์ยอมรับไม่ได้ แต่หลังจากประยุกต์ระบบมีค่า P/TV ที่ลดลงมาจนเกือบอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ส่วนธาตุก็ถือว่าไม่มีการปรับปรุงและค่อนข้างมีความผันแปรมากขึ้นคืออลูมิเนียม แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้แต่ควรปรับปรุงเช่นเดิม ซึ่งไม่มีผลกระทบมากนัก อย่างไรก็ตามควรมีการวิเคราะห์หาสาเหตุเบื้องต้นเพื่อปรับปรุงโดยข้อสันนิษฐานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปรับปรุงได้แสดงไว้ในข้อเสนอแนะของบทที่ 6

จากการเปรียบเทียบทั้งหมดถึงแม้ว่ารายการทดสอบต่าง ๆ ที่มีปัญหาโดยส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มในทางที่ดีขึ้น แต่ก็ยังต้องถือว่าบางรายการยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับไม่ได้ และบางรายการก็ยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ แต่ควรปรับปรุงต่อซึ่งต้องอาศัยการพัฒนาและปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากระบบที่ออกแบบไว้ในปัจจุบันในบางส่วนก็ยังไม่ได้ประยุกต์ใช้ทั้งหมด เนื่องจากติดข้อจำกัดทางด้านเวลา และความขาดแคลนผู้ชำนาญในเมืองไทยก่อนการให้บริการบางอย่าง เช่น การสอบเทียบ Extenso meter ซึ่งรายละเอียดของอุปสรรคและปัญหา รวมถึงข้อเสนอแนะต่อในการปรับปรุงระบบเพื่อให้ความผันแปรของระบบการวัดมีค่าลดน้อยลงกว่าหลังจากประยุกต์ใช้ระบบลงไปอีกจะแสดงในบทถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยพร้อมข้อเสนอแนะ

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงอีกครั้งถึงสิ่งที่ได้จากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ว่ามีประโยชน์ หรือผลที่ได้รับในลักษณะสรุปอีกครั้ง นอกจากนั้นยังจะมีการกล่าวถึงข้อจำกัด หรืออุปสรรคต่าง ๆ ที่พบในขณะที่ดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์เพื่อเป็นประโยชน์กับผู้ที่จะนำระบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้จะทราบถึงข้อจำกัด หรืออุปสรรคก่อนการออกแบบระบบ สุดท้ายจะกล่าวถึงข้อเสนอแนะที่ห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างสามารถนำไปปฏิบัติต่อในอนาคต เพื่อปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่องอันจะนำไปสู่ความน่าเชื่อถือของผลทดสอบ และประโยชน์อื่น ๆ ที่จะเกิดกับห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่างในอนาคต

ระบบคุณภาพเชิงเทคนิคสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบได้พัฒนาห้องปฏิบัติการทดสอบเดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นดังนี้

- ทำให้ปริมาณทดสอบซ้ำลดลงจากเดิม
- ความน่าเชื่อถือของผลทดสอบในหลายรายการทดสอบปรับตัวดีขึ้น
- ระบบเอกสารต่าง ๆ มีการพัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบ เช่น ระเบียบปฏิบัติงาน, รายละเอียดการปฏิบัติงาน, บันทึกคุณภาพ และเอกสารสนับสนุนอื่น ๆ
- สถานที่หรือห้องทดสอบได้ถูกแบ่งแยกโดยการระบุพื้นที่ต่าง ๆ อย่างชัดเจน เช่น บริเวณรับชิ้นงานทดสอบ, พื้นที่เตรียมชิ้นงานทดสอบและพื้นที่ทดสอบระบบการควบคุมการเข้า-ออก ของห้องปฏิบัติการทดสอบ เป็นต้น
- วิธีการทดสอบสอดคล้องตามมาตรฐานสากลหรือถูกพิสูจน์ว่ามีความน่าเชื่อถือ

6.1 สรุปสิ่งที่ได้รับจากการออกแบบระบบ

6.1.1 จากบทที่ 5 จะเห็นได้ว่าการที่ประยุกต์ใช้ระบบทำให้เราทราบความไม่แน่นอนในการวัดแล้วนำมาจัดทำเป็นเกณฑ์ในการทดสอบซ้ำทำให้ปริมาณทดสอบซ้ำจากเดิม 3.87% ลดลงเหลือ 1.26% ซึ่งถือว่าเป็นการลดลง 2.61% ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายลดลงเป็นอย่างมาก

6.1.2 ความผันแปรจากการทดสอบในหลาย ๆ รายการทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้แต่การปรับปรุง รวมถึงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับไม่ได้มีการปรับตัวดีขึ้นถึง 5 รายการ จาก 6 รายการ สำหรับ 1 รายการถือธาตุอลูมิเนียมที่ไม่มีการปรับตัวดีขึ้น แต่ก็ยังอยู่ใน

เกณฑ์ที่ยอมรับได้แต่ควรปรับปรุงเหมือนเดิมก่อนการประยุกต์ใช้ระบบ จากการปรับปรุงของค่าความผันแปรในการวัดนี้เองส่งผลถึงการยกระดับความสามารถในเชิงเทคนิคในห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทตัวอย่าง

6.1.3 ห้องปฏิบัติการทดสอบมีระบบการดำเนินการต่าง ๆ ทั้งที่ปรับปรุงจากระบบเดิมและระบบที่ออกแบบใหม่เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาคุณภาพทางเทคนิคของห้องปฏิบัติการทดสอบอย่างต่อเนื่อง

6.1.4 ห้องปฏิบัติการทดสอบได้จัดทำระบบเอกสารที่รองรับระบบใหม่ ๆ ที่ปรับปรุงหรือออกแบบขึ้นทำให้เป็นแนวทางในการจัดทำระบบเพื่อให้สอดคล้องกับระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025) ต่อไปในอนาคต รวมถึงเป็นแนวทางให้ห้องปฏิบัติการทดสอบอื่นที่อยู่ในอุตสาหกรรมใกล้เคียงกันด้วย

6.2 ข้อจำกัดและอุปสรรค

6.2.1 ข้อจำกัดในเรื่องนโยบายของบริษัท

เนื่องจากการดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับดังกล่าวจัดทำในบริษัทตัวอย่าง ซึ่งระหว่างดำเนินการอาจมีการเปลี่ยนแปลงนโยบาย ซึ่งทำให้กระทบกับเวลาของการดำเนินการต้องถูกปรับเปลี่ยนจากแผนงานเดิมบ่อย ๆ เนื่องจากไม่สามารถใช้ทรัพยากรต่าง ๆ โดยเฉพาะทรัพยากรบุคคลที่มีอยู่ทำงานหลาย ๆ งานในขณะเดียวกันได้

6.2.2 ข้อจำกัดเรื่องการให้บริการทางเทคนิคในประเทศไทย

เนื่องจากการจัดทำระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025) ที่เป็นหัวใจสำคัญในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีหลาย ๆ ประเด็นที่ต้องขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอกในเรื่องการให้บริการทางเทคนิค และการให้ความรู้คำปรึกษาเฉพาะทาง ยกตัวอย่างเช่น การเข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญ (Proficiency Test), การสอบเทียบ Extenso meter และรายละเอียดการจัดเก็บวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Material, SRM) ฯลฯ ซึ่งในประเทศไทยมีผู้ให้บริการน้อยราย หรือไม่มีเลยทำให้ต้องเสียเวลาในการเสาะหาแหล่งที่ให้บริการ รวมถึงการติดต่อขอใช้บริการซึ่งส่วนใหญ่จะต้องติดต่อไปยังต่างประเทศ

6.2.3 ข้อจำกัดในเรื่องความรู้ความสามารถของพนักงาน

เนื่องจากการประยุกต์ใช้ระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025) จะมีในหลาย ๆ ขั้นตอนที่ต้องนำความรู้ทางเทคนิคที่เกี่ยวกับสถิติมาประยุกต์ใช้ แต่โดยพื้นฐานพนักงานโดยส่วนใหญ่ไม่มีความรู้ทางด้านสถิติเลย จึงจำเป็นต้อง

อธิบายให้เข้าใจในส่วนที่ต้องประยุกต์ใช้กับการทำงาน ซึ่งก็ถือเป็นเรื่องยากที่ปรับความคิด หรือทักษะของพนักงานที่มีมาแต่เดิม โดยทำงานภายใต้ระเบียบปฏิบัติประจำ แต่ต้องมาทำงานยุ่งยากมากขึ้นทำให้ต้องเสียเวลาในการปรับทัศนคติของพนักงาน

6.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ

6.3.1 ประยุกต์ใช้ข้อกำหนดอื่นของระบบห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025) เพิ่มเติมเพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลาทำให้ไม่สามารถติดตามดูผลการประยุกต์ใช้ระบบในระยะยาวได้ ซึ่งถึงแม้ผลจากการประยุกต์ระบบในเบื้องต้นโดยภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีการปรับปรุงขึ้น แต่ก็ยังมีผลของบางรายการทดสอบซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้แต่ควรปรับปรุง และบางรายการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ยอมรับไม่ได้ ดังนั้นในการทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และปรับปรุงความน่าเชื่อถือของผลทดสอบให้ดีขึ้นกว่าปัจจุบันจำเป็นต้องประยุกต์ข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน (ISO/IEC 17025) อีกในบางหัวข้อดังต่อไปนี้

ข้อกำหนด 4.9 การควบคุมการทดสอบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (Control of non conforming testing)

ข้อกำหนด 4.10 การปฏิบัติการแก้ไข (Corrective Action)

ข้อกำหนด 4.11 การปฏิบัติการป้องกัน (Preventive Action)

ข้อกำหนด 4.13 การตรวจติดตามภายใน (Internal Audits)

ข้อกำหนดทั้ง 4 ข้างต้นเป็นข้อกำหนดทางด้านการจัดการ ซึ่งไม่ได้ประยุกต์ใช้การจัดทำวิทยานิพนธ์ เนื่องจากการประยุกต์ในวิทยานิพนธ์มุ่งเน้นการประยุกต์ข้อกำหนดในเชิงเทคนิค แต่ข้อกำหนดทั้ง 4 จะเป็นกลไกที่ทำให้เกิดการค้นหาปัญหาในห้องปฏิบัติการทดสอบที่อาจมีหลงเหลืออยู่เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขและป้องกันเพื่อให้เกิดการพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่อง

6.3.2 พัฒนาไปสู่กระบวนการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ

เนื่องจากปัจจุบันห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัทอย่างมีการบันทึกข้อมูลค่อนข้างมาก และเก็บไว้เพียงเพื่อการสอบกลับกรณีมีปัญหา ซึ่งในความเป็นจริงข้อมูลดังกล่าวมีประโยชน์มากในการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อการประยุกต์ใช้สถิติในการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพ

6.3.3 ควรมีระบบที่จัดเก็บข้อมูลได้ง่ายและนำออกมาใช้ได้รวดเร็ว

เนื่องจากปัจจุบันข้อมูลของห้องปฏิบัติการทดสอบโดยส่วนใหญ่บันทึกอยู่ในแบบฟอร์ม ดังนั้นถ้ามีการจัดการนำข้อมูลที่ได้มาเก็บในระบบคอมพิวเตอร์ สำหรับการเรียกนำมาใช้งานจะเป็นประโยชน์กับห้องปฏิบัติการทดสอบเป็นอย่างมากในกรณีที่ต้องการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ หรือสอบกลับข้อมูลในกรณีจำเป็น

6.3.4 ควรมีการปรับปรุงเพื่อลดความผันแปรของรายการทดสอบบางรายการที่อยู่ในเกณฑ์สูงและมีแนวโน้มผันแปรมากขึ้นหลังการประยุกต์ระบบโดยมีข้อแนะนำดังนี้

- สำหรับ % Elongation นั้นที่มีค่า P/TV > 30% ควรดำเนินการนำ Extenso Meter ไปสอบเทียบ จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค MSA อีกครั้ง
- สำหรับค่าอลูมิเนียมที่มีความผันแปรมากขึ้นนั้น จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความผันแปรจากคน (AV) และกระบวนการ (PV) ดีขึ้น แต่ค่าผันแปรจากเครื่องมากขึ้น (EV) ดังนั้นควรจะมีการ Maintenance เครื่องจักรใหม่โดยผู้ชำนาญเพื่อเป็นการลดค่าแปรผันจากเครื่องจักร ซึ่งหลังจาก Maintenance เครื่องจักรแล้วทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค MSA อีกครั้ง

6.4 **ประโยชน์ในการประยุกต์ของผลวิจัยที่ได้**

6.4.1 สามารถนำแนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัดไปใช้กับเครื่องมือวัดชนิดอื่น ๆ ทั้งในห้องปฏิบัติการทดสอบเอง และที่อยู่ในสายการผลิต

6.4.2 เพิ่มความเข้าใจในระบบคุณภาพความเข้าในในสาเหตุของความแปรปรวนของระบบการวัด

6.4.3 สามารถนำแนวทางการดำเนินการวิเคราะห์ระบบการวัดไปใช้เป็นแนวทางสำหรับโรงงานอื่น ๆ ที่สนใจ

6.4.4 เป็นแนวทางการทำวิจัยต่อเนื่องไปยังการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ . การวิเคราะห์ระบบการวัด . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2542.

เบงคิจิ โมริยามา (ปริทรรศน์ พันธุบรรยงค์ และ ประสงค์ ศรีเจริญชัย แปล, เทคนิคเครื่องมือวัดเชิงกล . กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2536.

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย . เทคนิคการควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา . พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพฯ : บริษัทเอ็มแอนด์อี จำกัด , 2533.

ฝ่ายฝึกอบรมบริษัทจีอีเอ็มคลอลิตี้จำกัด , เอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่องระบบในห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ (ISO/IEC Guide 25 Quality system) , 2540.

สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) , เอกสารประกอบการฝึกอบรม ISO/IEC Guide 25 : Documentation , 2539.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) . เอกสารประกอบการฝึกอบรมและสัมมนาเรื่องห้องปฏิบัติการทดสอบ สอบเทียบตาม ISO/IEC Guide 25, 2540.

สำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม . มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ มอก. 1300 – 2537 และ มอก. 17025-2543.

นายจักริน เสนีวงศ์ ณ อยุธยา, นายกฤษฎา เศาจกุล, นายสุรสีห์ จงไชโย , โครงงานนิสิตปี 4 เรื่องการนำมาตรฐาน ISO/IEC Guide 25 มาประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง (ISO/IEC Guide 25 for electrical laboratory), ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2542.

QMT-QUEST (Thailand) Co., Ltd. , เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร ISO/IEC 17025 “Introduction and document action”, การสอบเทียบเครื่องมือ & Measurement Uncertainty, Internal Quality Control & Method Validation และ Internal Audit, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Executive sciences institute , Quality control and applied statistics, Davenport Iowa, USA, Volume 40 (6), 1995.

International organization for standardization , General requirements for the competense of calibration and testing laboratory, 1999.

Japanese Standard Association , JIS handbook ferrous materials & metallurgy I, 2000 test methods common to metallic materials, general rules for inspection and test method of steel, steel for special purpose, casting and forgings, other, Japanese standards association.

American society for testing and materials , 2000 annual book of ASTM standard, metals test methods and analytical procedures, volumn 03.06, analytical chemistry for metals, ores, and related materials (II) : E356 to latest, surface analysis.

ภาคผนวก ก. 1

วิธีการคำนวณค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดโดยวิธีค่าเฉลี่ยและพิสัยก่อนปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ Tensile RMU
พารามิเตอร์ ULTIMATE TENSILE STRENGTH
ข้อกำหนดเฉพาะ หน่วย (N/mm2)

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X)
112180191	372.298	374.673	2.375	363.513	365.710	2.197	377.345	374.290	3.055	375.079	370.489	4.590	374.174	363.229	10.945	371.080
112390361	309.553	310.549	0.996	295.236	298.598	3.362	308.184	304.015	4.169	301.005	299.346	1.659	306.441	307.775	1.334	304.702
112130043	463.999	467.592	3.593	461.419	460.576	0.843	459.546	467.200	7.654	464.862	465.858	0.996	469.224	464.509	4.715	464.479
ค่าเฉลี่ย		383.111	2.321		374.175	2.134		381.763	4.959		379.440	2.415		380.892	5.665	379.880

R_A = 2.321
R_B = 2.134
R_C = 4.959
R_D = 2.415
R_E = 5.665
R" = 3.500

จำนวนครั้งที่ทดลองซ้ำ	D_4
2	3.27

$R"*D_4 = UCL_R$
3.50*3.27 = 11.44

X'_{max} = 383.117
X'_{min} = 374.175
R(X') = 8.942

Rp = 464.479 – 304.702
= 159.777

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH ของเครื่อง TENSILE RMU

การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R "= 3.50

$UCL_R = D_4R" = 3.27*3.50 = 11.44$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว พบว่าความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH จะมีค่าไม่เกิน 11.44 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

การคำนวณค่า REPEATABILITY

$EV = 5.15 R"/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

$= K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 3.50$

$= 15.96$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 7.98 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 383.117 – 374.175$

$= 8.942$

$AV = 5.15 R(x') /d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 8.942$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 24.22$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(24.22^2 - 15.96^2/3*2)} = 23.33$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงาน วัด = $\pm$ 11.66 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า GR&R

$$GR\&R = \sqrt{(23.33^2 + 15.96^2)} = 28.27$$

การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 379.88 + (0.57*3.50)$$
$$= 381.875$$
$$CL_x = 379.88$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 377.885$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 464.479 - 304.702$$
$$= 159.777$$
$$PV = 5.15*R_p/d_2^*$$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701*159.777 \quad (5.15/d_2^* = K_3 = 2.701)$$
$$= 431.56$$
$$TV = \sqrt{(431.56^2 + 28.27^2)} = 432.48$$

การประเมินผลระบบการวัด

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 28.27/432.48 *100% = 6.54%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด 6.54%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ	Tensile RMU
พารามิเตอร์	UPPER YIELD POINT
ข้อกำหนดเฉพาะ หน่วย (N/mm2)	

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X)
112180191	259.380	266.205	6.825	254.177	254.409	0.232	270.317	265.648	4.669	263.028	262.480	0.548	260.520	253.951	6.569	261.012
112390361	214.478	217.963	3.485	200.285	203.647	3.362	215.847	210.814	5.033	200.772	204.395	3.623	207.284	215.436	8.152	209.092
112130043	331.834	371.776	40.392	334.198	338.410	4.212	335.479	338.916	3.437	328.495	342.446	13.951	344.341	327.822	16.519	339.372
ค่าเฉลี่ย		276.939	16.900		264.188	2.602		272.837	4.380		266.936	6.041		268.226	10.413	269.825

R_A = 16.900
R_B = 2.602
R_C = 4.380
R_D = 6.041
R_E = 10.413
R" = 8.067

จำนวนครั้งที่ทดลองซ้ำ	D_4
2	3.27

$R"*D_4 = UCL_R$
8.067*3.27 = 26.38

X'_{max} = 276.939
X'_{min} = 264.188
R(X') = 12.751

Rp = 339.327 – 209.092
= 130.235

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า % UPPER YIELD POINT ของเครื่อง TENSILE RMU

การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R"= 8.067

$UCL_R = D_4R" = 3.27*8.067 = 26.38$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว พบว่าความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า UPPER YIELD POINT จะมีค่าไม่เกิน 26.38 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

การคำนวณค่า REPEATABILITY

$EV = 5.15 R"/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

$= K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 8.067$

$= 36.79$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 18.39 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 276.939 – 264.188$

$= 12.751$

$AV = 5.15 R(x') /d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 12.751$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 34.54$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(34.54^2 - 36.79^2/3*2)} = 31.10$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = ± 15.55 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า GR&R

$$GR\&R = \sqrt{(31.10^2 + 36.79^2)} = 48.17$$

การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 269.825 + (0.57*8.067)$$
$$= 274.423$$
$$CL_x = 269.825$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 265.227$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 339.327 - 209.092$$
$$= 130.235$$
$$PV = 5.15*R_p/d_2^*$$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701*130.235 \quad (5.15/d_2^* = K_3 = 2.701)$$
$$= 351.765$$
$$TV = \sqrt{(351.765^2 + 48.17^2)} = 355.048$$

การประเมินผลระบบการวัด

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 48.17/355.048 *100% = 13.57%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด = 13.57%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ ยอมรับได้ แต่ต้องทำการปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ	Tensile RMU
พารามิเตอร์	% Elongation
ข้อกำหนดเฉพาะ	

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X")
112180191	36.6	35.2	1.4	38.0	37.8	0.2	40.0	37.0	3.0	38.9	39.4	0.5	41.0	37.8	3.2	38.17
112390361	43.6	39.8	3.8	39.1	37.5	1.6	43.4	40.0	3.4	40.0	40.2	0.2	38.6	39.8	1.2	40.20
112130043	32.0	32.0	0.0	37.1	36.4	0.7	35.0	34.0	1.0	34.0	34.6	0.6	35.4	34.2	1.2	34.47
ค่าเฉลี่ย		36.53	1.73		37.65	0.83		35.23	2.47		37.85	0.43		37.80	1.87	37.01

.

RA = 1.73
RB = 0.83
RC = 2.47
RD = 0.43
RE = 1.87
R" = 1.47

จำนวนครั้งที่ทดลอง	D4
2	3.27

$R"*D = UCL_R$
1.47*3.27 = 4.80

X'_{max} = 37.85
X'_{min} = 35.23
R(X') = 2.62

Rp	=	40.20-34.47
	=	5.73

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า % ELONGATION ของเครื่อง TENSILE RMU

การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R"= 1.47

$UCL_R = D_4R" = 3.27*1.47 = 4.80$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า %ELONGATION จะมีค่าไม่เกิน 4.80 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

การคำนวณค่า REPEATABILITY

$EV = 5.15 R"/d_2$ ($d_2 = 1.1128$)

$= K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 1.47$

$= 6.70$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 3.35 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 37.85 - 35.23$

$= 2.62$

$AV = 5.15 R(x') /d_2$ ($d_2 = 2.378$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 2.62$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 5.45$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(5.45^2 - 6.70^2/3*2)} = 4.71$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = $\pm$ 2.35 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า GR&R

$$GR\&R = \sqrt{(6.70^2 + 4.71^2)} = 8.19$$

การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 37.01 + (0.57*1.47)$$
$$= 37.856$$
$$CL_x = 37.01$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 36.166$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 40.20-34.47$$
$$= 5.73$$
$$PV = 5.15*R_p/d_2^*$$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701*5.73 \quad (5.15/d_2^* = K_3 = 2.701)$$
$$= 15.477$$
$$TV = \sqrt{(15.477^2 + 8.19^2)} = 17.51$$

การประเมินผลระบบการวัด

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 8.19/17.51 *100% = 46.77%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด =46.77%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องรีบทำการแก้ไขปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ Tensile Zwick
พารามิเตอร์ ULTIMATE TENSILE STRENGTH
ข้อกำหนดเฉพาะ หน่วย (N/mm2)

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X)
112180191	398.60	391.69	6.91	400.14	396.30	3.84	396.55	393.74	2.81	393.71	395.79	2.08	396.81	398.60	1.79	396.193
112390361	315.44	318.03	2.59	315.89	316.55	0.66	318.68	314.21	4.47	312.29	317.38	5.09	312.36	316.62	4.26	315.745
112130043	486.97	480.67	6.30	482.76	478.75	4.01	486.28	489.23	2.95	483.75	484.06	0.31	483.33	485.35	2.02	484.115
ค่าเฉลี่ย		398.567	5.267		398.397	2.837		399.782	3.410		397.829	2.492		398.845	2.690	398.68

R_A = 5.27
R_B = 2.84
R_C = 3.41
R_D = 2.49
R_E = 2.69
R" = 3.34

จำนวนครั้งที่ทดลองซ้ำ	D_4
2	3.27

$R"*D_4 = UCL_R$
3.34*3.27 = 10.92

X'_{max} = 399.78
X'_{min} = 397.83
R(X') = 1.95

Rp = 484.115 – 315.745
= 168.57

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH ของเครื่อง TENSILE Zwick

การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R "= 3.34

$UCL_R = D_4R" = 3.27*3.34 = 10.92$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH จะมีค่าไม่เกิน 10.92 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

การคำนวณค่า REPEATABILITY

$EV = 5.15\ R"/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

$= K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 3.34$

$= 15.23$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 7.62 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 399.78 - 397.83$

$= 1.95$

$AV = 5.15\ R(x')/d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 1.95$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 5.27$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$AV = \sqrt{(5.27^2 - 15.23^2/3*2)}$ = ค่าติดลบ = 0

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัดร้อยมาก รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$$GR\&R = \sqrt{(0 + 15.23^2)} = 15.23$$

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 398.68 + (0.57 * 3.34)$$
$$= 400.584$$
$$CL_x = 398.68$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 396.78$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 484.115 - 315.745$$
$$= 168.37$$
$$PV = 5.15 * R_p / d_2^*$$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701 * 168.37 \quad (5.15/d_2^* = K_3 = 2.701)$$
$$= 454.77$$
$$TV = \sqrt{(454.77^2 + 15.23^2)} = 455.02$$

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 15.23/455.02 *100% = 3.35%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด = 3.35%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ	Tensile Zwick
พารามิเตอร์	UPPER YIELD POINT
ข้อกำหนดเฉพาะ หน่วย (N/mm²)	

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X)
112180191	292.93	281.11	11.82	297.97	286.89	11.08	290.14	283.39	6.75	285.22	286.70	1.48	292.65	295.74	3.09	289.274
112390361	229.30	218.47	10.83	229.77	229.44	0.33	228.69	236.44	7.75	228.15	228.31	0.16	225.40	222.86	2.54	227.683
112130043	344.33	345.00	0.67	344.21	350.98	6.77	350.59	354.38	3.79	349.00	349.42	0.42	348.48	346.00	2.48	348.239
ค่าเฉลี่ย		285.190	7.773		289.877	6.060		290.605	6.097		287.80	0.687		288.522	2.703	288.400

R_A = 7.77
R_B = 6.06
R_C = 6.10
R_D = 0.69
R_E = 2.70
R" = 4.66

จำนวนครั้งที่ทดลองซ้ำ	D_4
2	3.27

$R"*D_4 = UCL_R$
4.66*3.27 = 15.24

X'_{max} = 290.60
X'_{min} = 285.19
R(X') = 5.41

Rp = 348.239 – 227.683
= 120.556

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า % UPPER YIELD POINT ของเครื่อง TENSILE Zwick

การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R"= 4.66

$UCL_R = D_4R" = 3.27*4.66 = 15.24$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว พบว่าความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า UPPER YIELD POINT จะมีค่าไม่เกิน 15.24 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

การคำนวณค่า REPEATABILITY

$EV = 5.15 R"/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

$= K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 4.66$

$= 21.25$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 10.63 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 290.60 - 285.19$

$= 5.41$

$AV = 5.15 R(x') /d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 5.41$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 14.66$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(14.66^2 - 21.25^2/3*2)} = 11.82$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = ± 5.91 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$$GR\&R = \sqrt{(11.82^2 + 21.25^2)} = 24.32$$

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 288.40 + (0.57*4.66)$$
$$= 291.06$$
$$CL_x = 288.40$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 285.74$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 348.239 - 227.683$$
$$= 120.556$$
$$PV = 5.15*R_p/d_2^*$$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701*120.556 \quad (5.15/d_2^* = K_3 = 2.701)$$
$$= 325.62$$
$$TV = \sqrt{(325.62^2 + 24.32^2)} = 326.53$$

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 24.32/326.53 *100% = 7.44%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด = 7.44%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ	Tensile Zwick
พารามิเตอร์	% Elongation
ข้อกำหนดเฉพาะ	

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X")
112180191	35.33	34.98	0.35	35.22	36.80	1.58	34.11	34.88	0.77	35.57	35.79	0.22	35.71	35.14	0.57	35.35
112390361	38.51	40.83	2.32	38.03	38.99	0.96	40.70	37.40	3.30	37.72	38.33	0.61	0.00	36.47	36.47	38.55
112130043	32.47	32.97	0.50	32.05	30.59	1.46	32.45	29.53	2.92	32.60	32.44	0.16	32.66	32.44	0.22	32.02
ค่าเฉลี่ย		35.848	1.057		35.280	1.333		34.845	2.33		35.408	0.330		28.737	12.42	34.02

.

RA = 1.06
RB = 1.33
RC = 2.33
RD = 0.33
RE = 12.42
R" = 3.49

จำนวนครั้งที่ทดลอง	D4
2	3.27

$R"*D = UCL_R$
3.49*3.27 = 11.41

X'_{max} = 35.85
X'_{min} = 28.74
R(X') = 7.11

Rp	=	38.55 – 32.02
	=	6.53

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า % ELONGATION ของเครื่อง TENSILE Zwick

การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R“= 3.49

$UCL_R = D_4R” = 3.27*3.49 = 11.41$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า %ELONGATION จะมีค่าไม่เกิน 11.41 ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

การคำนวณค่า REPEATABILITY

$EV = 5.15 R”/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

$= K_1*R”$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 3.49$

$= 15.91$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 7.96 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 35.85 – 28.74$

$= 7.11$

$AV = 5.15 R(x') /d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 7.11$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 19.26$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(19.26^2 - 15.91^2/3*2)} = 18.13$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = $\pm$ 9.07 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$$GR\&R = \sqrt{(18.13^2 + 15.91^2)} = 24.12$$

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 34.02 + (0.57*3.49)$$
$$= 36.00$$
$$CL_x = 34.02$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 32.03$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 38.55 - 32.02$$
$$= 6.53$$
$$PV = 5.15*R_p/d_2^*$$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701*6.53 \quad (5.15/d_2^* = K_3 = 2.701)$$
$$= 17.64$$
$$TV = \sqrt{(17.64^2 + 24.12^2)} = 29.88$$

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 24.12/29.88 *100% = 80.72%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด = 80.72%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องรีบทำการปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงค่า % ของธาตุ Carbon จากการทดลอง

พนักงาน	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.0135	0.0141	0.0141	0.0006	0.0140	0.0146	0.0138	0.0008	0.0144	0.0151	0.0138	0.0013	0.0140	0.0143	0.0171	0.0031	0.0130	0.0140	0.0148	0.0018
2	0.0801	0.0810	0.0834	0.0024	0.0823	0.0815	0.0835	0.0020	0.0843	0.0834	0.0827	0.0016	0.0819	0.0820	0.0841	0.0022	0.0810	0.0821	0.0806	0.0015
3	0.1399	0.1481	0.1472	0.0082	0.1451	0.1421	0.1449	0.0030	0.1477	0.1478	0.1289	0.0189	0.1428	0.1469	0.1451	0.0041	0.1460	0.1421	0.1446	0.0048
ผลรวม	0.2335	0.2432	0.2447	0.0112	0.2414	0.2382	0.2422	0.0058	0.2464	0.2463	0.2254	0.0218	0.2387	0.2432	0.2463	0.0094	0.2400	0.2382	0.2400	0.0081
		0.2335		0.003733		0.2414		0.001933		0.2464		0.007267		0.2387		0.003133		0.2400		0.0027
		0.2447		Ra		0.2422		Rb		0.2254		Rc		0.2463		Rd		0.2400		Re
	ผลรวม	0.7214			ผลรวม	0.7218			ผลรวม	0.7181			ผลรวม	0.7282			ผลรวม	0.7182		
	X1	0.080156			X2	0.0802			X3	0.079789			X4	0.080911			X5	0.07980		

Ra	0.003733
Rb	0.001933
Rc	0.007267
Rd	0.003133
Re	0.002700
R1	0.003753

Ra = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1 X1 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1

Rb = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2 X2 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2

Rc = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3 X3 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3

Rd = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4 X4 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4

Re = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5 X5 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5

R1 = ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณ Carbon

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่าการทดลองของธาตุ Carbon

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R_1 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

$R_1 = 0.00375$

$UCL_R = R_1 \times D_4 = 0.00375 \times 2.58 = 0.00968$

หมายความว่าเมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่าง และเป็นไปอย่างสุ่ม แล้วพบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Carbon นี้ จะมีค่าไม่เกิน 0.00968%

<u>การคำนวณค่ารีพีททะบิลิตี้</u>

$EV = 5.15\ R_1/d_2$

จากตารางที่ 3 ในภาคผนวก ค. ได้ $d_2 = 1.693$

ดังนั้น $EV = 5.15\ (0.00375/1.693)$

$= 0.01144$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่าในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าผันแปร ± 0.00572% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้</u>

ในการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ของการวัดโดยพนักงานคนที่ 1-5 ได้ว่า

$X_1 = 0.08016,\ X_2 = 0.0802,\ X_3 = 0.07979,\ X_4 = 0.08091,\ X_5 = 0.0798$

ดังนั้น $R(X) = 0.08091 - 0.07979$

$= 0.00112\%$

$AV = 5.15\ R(X)/d_2$

จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค. ได้ $d_2 = 2.477$

ดังนั้น $AV = 5.15\ (0.00112/2.477)$

$= 0.00233\%$

และจะได้ค่ารีโปรดิวซะบิลิตี้ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่ารีพีททะบิลิตี้ในประชากรออกไป

ได้ $AV = \sqrt{0.00233^2 - 0.01144^2 / (3 \times 3)}$

จะได้ค่า AV ติดลบ $\therefore$ จึงให้ค่า AV มีค่าเท่ากับ 0

ค่า AV ที่ได้นี้มีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปร เนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัดเท่ากับ ± 0% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

GR&R = RV

= 0.01144

ซึ่งมีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ ± 0.00572% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลองสามารถทำการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้เพื่อการประมาณ “ค่าแท้จริง” ของชิ้นงานตัวอย่างแต่ละชิ้นได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงาน 1	0.0139	0.0815	0.1451
	พนักงาน 2	0.0141	0.0824	0.144
	พนักงาน 3	0.0144	0.0835	0.1414
	พนักงาน 4	0.0151	0.0827	0.1449
	พนักงาน 5	0.0139	0.0812	0.1439
ค่าแท้จริง		0.01428	0.08226	0.14386

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นและตารางที่ 2 ในภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนภูมิควบคุม X ได้ดังนี้

$UCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_1$

$= 0.08017 + 0.577\ (0.00375) = 0.08233$

$CL_x = 0.08017$

$LCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_1$

$= 0.08017 - 0.577\ (0.00375) = 0.07800$

ในกรณีนี้พบว่ามีจำนวน X ที่ออกนอกพิกัดควบคุมมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนได้โดยที่ $R_p = 0.12958\%$

ดังนั้น PV = 5.15 R_p/d_2

ในที่นี้ได้ d2 = 1.906 (จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

ได้ PV = 5.15 (0.12958/1.906) = 0.35012

และ TV = $\sqrt{(0.35012^2 + 0.01144^2)}$

= 0.35031

<u>การประเมิลผลระบบการวัด</u>

จากสมการ

P/TV = (GR&R / ความผันแปรของกระบวนการ) x 100%

จะได้ผลว่า

P/TV = (0.01144 / 0.35031) x 100% = 3.27%

จากเกณฑ์การยอมรับระบบการวัดนี้สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงค่า % ของธาตุ Manganese จากการทดลอง

พนักงาน	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.1964	0.1988	0.1973	0.0024	0.1955	0.1959	0.1965	0.0010	0.1953	0.2020	0.1968	0.0067	0.1978	0.1982	0.1967	0.0015	0.1957	0.1956	0.1937	0.0020
2	0.3136	0.3136	0.3113	0.0023	0.3105	0.3102	0.3090	0.0015	0.3128	0.3175	0.3103	0.0072	0.3117	0.3138	0.3091	0.0047	0.3110	0.3116	0.3105	0.0011
3	0.8690	0.8650	0.8729	0.0079	0.8667	0.8646	0.8684	0.0038	0.8769	0.8671	0.8487	0.0282	0.8660	0.8746	0.8664	0.0086	0.8658	0.8665	0.8727	0.0069
ผลรวม	1.3790	1.3774	1.3815	0.0126	1.3727	1.3707	1.3739	0.0063	1.3850	1.3866	1.3558	0.0421	1.3755	1.3866	1.3722	0.0148	1.3725	1.3737	1.3769	0.0100
		1.3790		0.0042		1.3727		0.00210		1.3850		0.014033		1.3755		0.004933		1.3725		0.003333
		1.3815				1.3739				1.3558				1.3722				1.3769		
	ผลรวม	4.1379		Ra	ผลรวม	4.1173		Rb	ผลรวม	4.1274		Rc	ผลรวม	4.1343		Rd	ผลรวม	4.1231		Re
	X1	0.459767			X2	0.457478			X3	0.45860			X4	0.459367			X5	0.458122		

Ra	0.004200
Rb	0.001100
Rc	0.002867
Rd	0.001600
Re	0.003170
R1	0.002587

Ra = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1

Rb = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2

Rc = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3

Rd = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4

Re = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5

R1 = ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณแมงกานีส

X1 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1

X2 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2

X3 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3

X4 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4

X5 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่าการทดลองของธาตุ Manganese

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R_5 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

$R_5 = 0.00572$

$UCL_R = R_5 \times D_4 = 0.00572 \times 2.58 = 0.1476$

(D_4 จากการทดลอง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 2.58)

หมายความว่าเมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่าง และเป็นไปอย่างสุ่ม แล้วพบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Manganese นี้จะมีค่าไม่เกิน 0.01476%

<u>การคำนวณค่ารีพีททะบิลิตี้</u>

$EV = 5.15\ R_5/d_2$

จากตารางที่ 3 ในภาคภนวก ค. ได้ $d_2 = 1.693$

ดังนั้น $EV = 5.15\ (0.00572/1.693)$

$= 0.01744$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่าในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าผันแปร ± 0.00872% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้</u>

ในการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ของการวัดโดยพนักงานคนที่ 1-5 ได้ว่า

$X_1 = 0.4598,\ X_2 = 0.4575,\ X_3 = 0.4586,\ X_4 = 0.4594,\ X_5 = 0.4581$

ดังนั้น $R(X) = 0.4598 - 0.4575$

$= 0.0023\%$

$AV = 5.15\ R(X)/d_2$

จากตารางที่ 2 ในภาคผนวก ค. ได้ $d_2 = 2.477$

ดังนั้น $AV = 5.15\ (0.0023/2.477)$

$= 0.00478\%$

และจะได้ค่ารีโปรดิวซะบิลิตี้ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่ารีพีททะบิลิตี้ในประชากรออกไป

ได้ $AV = \sqrt{0.00478^2 - 0.01744^2 / (3 \times 3)}$

ค่า AV ที่ได้มีค่าติดลบ ∴ จึงให้ค่า AV มีค่าเท่ากับ 0

ค่า AV ที่ได้นี้มีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปร เนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัดเท่ากับ ± 0% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

GR&R = EV

= 0.01744

ซึ่งมีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ ± 0.00872% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลองสามารถทำการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้เพื่อการประมาณ “ค่าแท้จริง” ของชิ้นงานตัวอย่างแต่ละชิ้นได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงาน 1	0.1975	0.3128	0.8690
	พนักงาน 2	0.1960	0.3099	0.8666
	พนักงาน 3	0.1980	0.3135	0.8642
	พนักงาน 4	0.1976	0.3115	0.8690
	พนักงาน 5	0.1950	0.3110	0.8683
ค่าแท้จริง		0.19682	0.31174	0.86742

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นและตารางที่ 2 ในภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนภูมิควบคุม X ได้ดังนี้

$UCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_5$

$= 0.45866 + 0.577\ (0.00572) = 0.46196$

$CL_x = 0.45866$

$LCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_5$

$= 0.45866 - 0.577\ (0.00572) = 0.45535$

ในกรณีนี้พบว่ามีจำนวน X ที่ออกนอกพิกัดควบคุมมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนได้โดยที่ R_p = 0.6706%

ดังนั้น PV = 5.15 R_p/d_2

ในที่นี้ได้ d2 = 1.906 (จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

ได้ PV = 5.15 (0.6706/1.906) = 1.81196

และ TV = $\sqrt{(1.81196^2 + 0.01744^2)}$

= 1.81204

<u>การประเมิลผลระบบการวัด</u>

จากสมการ

P/TV = (GR&R / ความผันแปรของกระบวนการ) x 100%

จะได้ผลว่า

P/TV = (0.01744 / 1.81204) x 100% = 0.96%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100% แล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 0.96%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดสามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงค่า % ของธาตุ Phosphorus จากการทดลอง

พนักงาน	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.0189	0.0152	0.0159	0.0037	0.0190	0.0198	0.0185	0.0013	0.0169	0.0058	0.0204	0.0056	0.0191	0.0181	0.0173	0.0018	0.0153	0.0190	0.0152	0.0038
2	0.0097	0.0073	0.0076	0.0024	0.0094	0.0102	0.0094	0.0008	0.0083	0.0148	0.0098	0.0018	0.0098	0.0080	0.0082	0.0016	0.0076	0.0098	0.0069	0.0029
3	0.0090	0.0060	0.0064	0.0065	0.0085	0.0093	0.0081	0.0012	0.0067	0.0080	0.0079	0.0012	0.0089	0.0077	0.0075	0.0014	0.0062	0.0090	0.0064	0.0028
ผลรวม	0.0376	0.0285	0.0299	0.0126	0.0369	0.0393	0.0360	0.0033	0.0319	0.0286	0.0381	0.0086	0.0378	0.0338	0.0330	0.0048	0.0291	0.0378	0.0285	0.0095
		0.0376		0.004200		0.0369		0.00110		0.0319		0.002867		0.0378		0.0016		0.0291		0.003167
		0.0299				0.0360				0.0381				0.0330				0.0285		
	ผลรวม	0.0960		Ra	ผลรวม	0.1122		Rb	ผลรวม	0.0986		Rc	ผลรวม	0.1046		Rd	ผลรวม	0.0954		Re
	X1	0.010667			X2	0.012467			X3	0.010956			X4	0.011622			X5	0.010600		

Ra	0.004200	Ra =	ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1	X1 =	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1
Rb	0.001100	Rb =	ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2	X2 =	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2
Rc	0.002867	Rc =	ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3	X3 =	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3
Rd	0.001600	Rd =	ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4	X4 =	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4
Re	0.003170	Re =	ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5	X5 =	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5
R1	0.002587	R1 =	ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณฟอสฟอรัส		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่าการทดลองของธาตุ Phosphorus

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R_4 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

$R_4 = 0.00259$

$UCL_R = R_4 \times D_4 = 0.00259 \times 2.58 = 0.00668$

(D_4 จากการทดลอง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 2.58)

หมายความว่าเมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่าง และเป็นไปอย่างสุ่ม แล้วพบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Phosphorus นี้จะมีค่าไม่เกิน 0.00668%

<u>การคำนวณค่ารีพีททะบิลิตี้</u>

$EV = 5.15\ R_4/d_2$

จากตารางที่ 3 ในภาคผนวก ค. ได้ $d_2 = 1.693$

ดังนั้น $EV = 5.15\ (0.00259/1.693)$

$= 0.00789$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่าในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าผันแปร ± 0.00395% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้</u>

ในการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ของการวัดโดยพนักงานคนที่ 1-5 ได้ว่า

$X_1 = 0.0107,\ X_2 = 0.0125,\ X_3 = 0.0109,\ X_4 = 0.0116,\ X_5 = 0.0106$

ดังนั้น $R(X) = 0.0125 - 0.0106$

$= 0.0019\%$

$AV = 5.15\ R(X)/d_2$

จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค. ได้ $d_2 = 2.477$

ดังนั้น $AV = 5.15\ (0.0019/2.477)$

$= 0.00395\%$

และจะได้ค่ารีโปรดิวซะบิลิตี้ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่ารีพีททะบิลิตี้ในประชากรออกไป

ได้ $AV = \sqrt{0.00395^2 - 0.00789^2 / (3 \times 3)}$

$= 0.00295$

ค่า AV ที่ได้นี้มีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปร เนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัดเท่ากับ ± 0.00148% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$GR\&R = \sqrt{(0.00789^2 + 0.00295^2)}$

$= 0.00842$

ซึ่งมีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ ± 0.00421% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลองสามารถทำการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้เพื่อการประมาณ “ค่าแท้จริง” ของชิ้นงานตัวอย่างแต่ละชิ้นได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงาน 1	0.0167	0.0082	0.0071
	พนักงาน 2	0.0191	0.0097	0.0086
	พนักงาน 3	0.0174	0.0087	0.0072
	พนักงาน 4	0.0182	0.0090	0.0080
	พนักงาน 5	0.0165	0.0082	0.0072
ค่าแท้จริง		0.01758	0.00876	0.00762

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นและตารางที่ 2 ในภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนภูมิควบคุม X ได้ดังนี้

$UCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_4$

$= 0.01132 + 0.577\ (0.00259) = 0.01281$

$CL_x = 0.01132$

$LCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_4$

$$= 0.01132 - 0.577\ (0.00259) = 0.00983$$

ในกรณีนี้พบว่ามีจำนวน X ที่ออกนอกพิกัดควบคุมมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนได้โดยที่ $R_p = 0.00588\%$

ดังนั้น $PV = 5.15\ R_p/d_2$

ในที่นี้ได้ d2 = 1.906 (จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

ได้ $PV = 5.15\ (0.00996/1.906) = 0.02691$

และ $TV = \sqrt{(0.02691^2 + 0.00842^2)}$

$= 0.02819$

<u>การประเมิลผลระบบการวัด</u>

จากสมการ

P/TV = (GR&R / ความผันแปรของกระบวนการ) x 100%

จะได้ผลว่า

P/TV = (0.00842 / 0.02819) x 100% = 29.86%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100% แล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 29.86%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดสามารถยอมรับได้ แต่ต้องปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงค่า % ของธาตุ Sulfur จากการทดลอง

พนักงาน	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.0106	0.0063	0.0069	0.0043	0.0103	0.0114	0.0099	0.0015	0.0066	0.0058	0.0114	0.0056	0.0107	0.0099	0.0089	0.0018	0.0061	0.0108	0.0063	0.0047
2	0.0121	0.0072	0.0075	0.0049	0.0119	0.0124	0.0112	0.0012	0.0079	0.0077	0.0122	0.0045	0.0121	0.0114	0.0094	0.0020	0.0074	0.0127	0.0069	0.0058
3	0.0056	0.0021	0.0026	0.0035	0.0049	0.0060	0.0049	0.0012	0.0026	0.0029	0.0049	0.0023	0.0060	0.0055	0.0029	0.0031	0.0022	0.0061	0.0024	0.0039
ผลรวม	0.0283	0.0156	0.0170	0.0127	0.0271	0.0298	0.0260	0.0039	0.0171	0.0164	0.0285	0.0124	0.0288	0.0268	0.0212	0.0069	0.0157	0.0296	0.0156	0.0144
		0.0283		0.004233		0.0271		0.00130		0.0171		0.004133		0.0288		0.0023		0.0157		0.0048
		0.0170				0.0260				0.0285				0.0212				0.0156		
	ผลรวม	0.0609		Ra	ผลรวม	0.0829		Rb	ผลรวม	0.0620		Rc	ผลรวม	0.0768		Rd	ผลรวม	0.0609		Re
	X1	0.006767			X2	0.009211			X3	0.006889			X4	0.008533			X5	0.006767		

Ra	0.004233
Rb	0.001300
Rc	0.004133
Rd	0.002300
Re	0.004800
R1	0.003353

Ra = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1

Rb = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2

Rc = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3

Rd = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4

Re = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5

R1 = ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณซัลเฟอร์

X1 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1

X2 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2

X3 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3

X4 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4

X5 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่าการทดลองของธาตุ Sulphur

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R_1 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

$R_3 = 0.00335$

$UCL_R = R_3 \times D_4 = 0.00335 \times 2.58 = 0.00864$

(D_4 จากการทดลอง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 2.58)

หมายความว่าเมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่าง และเป็นไปอย่างสุ่ม แล้วพบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Sulphur นี้ จะมีค่าไม่เกิน 0.00864%

<u>การคำนวณค่ารีพีททะบิลิตี้</u>

$EV = 5.15\ R_3/d_2$

จากตารางที่ 3 ในภาคผนวก ค. ได้ $d_2 = 1.693$

ดังนั้น $EV = 5.15\ (0.00335/1.693)$

$= 0.01021$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่าในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าผันแปร ± 0.00511% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้</u>

ในการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ของการวัดโดยพนักงานคนที่ 1-5 ได้ว่า

$X_1 = 0.0068,\ X_2 = 0.0092,\ X_3 = 0.0069,\ X_4 = 0.0085,\ X_5 = 0.0068$

ดังนั้น $R(X) = 0.0092 - 0.0068$

$= 0.0024\%$

$AV = 5.15\ R(X)/d_2$

จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค. ได้ $d_2 = 2.477$

ดังนั้น $AV = 5.15\ (0.0024/2.477)$

$= 0.00499\%$

และจะได้ค่ารีโปรดิวซะบิลิตี้ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่ารีพีททะบิลิตี้ในประชากรออกไป

ได้ $AV = \sqrt{0.00499^2 - 0.01021^2 / (3 \times 3)}$

$= 0.00365$

ค่า AV ที่ได้นี้มีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปร เนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัดเท่ากับ ± 0.00183% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$GR\&R = \sqrt{(0.01021^2 + 0.00365^2)}$

$= 0.01084$

ซึ่งมีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ ± 0.00542% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลองสามารถทำการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้เพื่อการประมาณ “ค่าแท้จริง” ของชิ้นงานตัวอย่างแต่ละชิ้นได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงาน 1	0.0079	0.0089	0.0034
	พนักงาน 2	0.0105	0.0118	0.0053
	พนักงาน 3	0.0079	0.0093	0.0035
	พนักงาน 4	0.0098	0.0110	0.0048
	พนักงาน 5	0.0077	0.0090	0.0036
ค่าแท้จริง		0.00876	0.0100	0.00412

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นและตารางที่ 2 ในภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนภูมิควบคุม X ได้ดังนี้

$UCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_3$

$= 0.00763 + 0.577\ (0.00335) = 0.00956$

$CL_x = 0.00763$

$LCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_3$

$$= 0.00763 - 0.577\ (0.00335) = 0.00569$$

ในกรณีนี้พบว่ามีจำนวน X ที่ออกนอกพิกัดควบคุมมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนได้โดยที่ $R_p = 0.00588\%$

ดังนั้น $PV = 5.15\ R_p/d_2$

ในที่นี้ได้ d2 = 1.906 (จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

ได้ $PV = 5.15\ (0.00588/1.906) = 0.01589$

และ $TV = \sqrt{(0.01589^2 + 0.01084^2)}$

$= 0.01923$

<u>การประเมิลผลระบบการวัด</u>

จากสมการ

P/TV = (GR&R / ความผันแปรของกระบวนการ) x 100%

จะได้ผลว่า

P/TV = (0.01084 / 0.01923) x 100% = 56.36%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100% แล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 56.36%

จากเกณฑ์การยอมรับ แสดงว่าระบบการวัดยอมรับไม่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงค่า % ของธาตุ Aluminium จากการทดลอง

พนักงาน	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.0221	0.0228	0.0238	0.0017	0.0252	0.0227	0.0263	0.0026	0.0237	0.0252	0.0240	0.0015	0.0280	0.0225	0.0234	0.0055	0.0217	0.0240	0.0213	0.0027
2	0.0564	0.0553	0.0549	0.0015	0.0571	0.0564	0.0564	0.0007	0.0557	0.0590	0.0555	0.0035	0.0568	0.0600	0.0609	0.0041	0.0527	0.0563	0.0527	0.0036
3	0.0470	0.0484	0.0485	0.0015	0.0480	0.0477	0.0491	0.0014	0.0495	0.0517	0.0527	0.0032	0.0497	0.0493	0.0473	0.0025	0.0455	0.0498	0.0454	0.0044
ผลรวม	0.1255	0.1265	0.1272	0.0047	0.1303	0.1268	0.1318	0.0047	0.1289	0.1359	0.1322	0.0082	0.1345	0.1318	0.1316	0.0121	0.1199	0.1301	0.1194	0.0107
		0.1255		0.0016		0.1303		0.00157		0.1289		0.002733		0.1345		0.004000		0.1199		0.003567
		0.1272				0.1318				0.1322				0.1316				0.1194		
	ผลรวม	0.3792		Ra	ผลรวม	0.3889		Rb	ผลรวม	0.3970		Rc	ผลรวม	0.3979		Rd	ผลรวม	0.3694		Re
	X1	0.042133			X2	0.043211			X3	0.04411			X4	0.044211			X5	0.041044		

Ra	0.004200
Rb	0.001100
Rc	0.002867
Rd	0.001600
Re	0.003170
R1	0.002587

Ra = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1

Rb = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2

Rc = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3

Rd = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4

Re = ค่าเฉลี่ยพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5

R1 = ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณอลูมิเนียม

X1 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1

X2 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2

X3 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3

X4 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4

X5 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่าการทดลองของธาตุ Aluminium

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R_6 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

$R_6 = 0.00269$

$UCL_R = R_6 \times D_4 = 0.00269 \times 2.58 = 0.00694$

(D_4 จากการทดลอง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 2.58)

หมายความว่าเมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่าง และเป็นไปอย่างสุ่ม แล้วพบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Aluminium นี้จะมีค่าไม่เกิน 0.00694%

<u>การคำนวณค่ารีพีททะบิลิตี้</u>

$EV = 5.15\ R_6/d_2$

จากตารางที่ 3 ในภาคผนวก ค. ได้ $d_2 = 1.693$

ดังนั้น $EV = 5.15\ (0.00269/1.693)$

$= 0.00820$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่าในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าผันแปร ± 0.0041% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้</u>

ในการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ของการวัดโดยพนักงานคนที่ 1-5 ได้ว่า

$X_1 = 0.0421,\ X_2 = 0.0432,\ X_3 = 0.0441,\ X_4 = 0.0442,\ X_5 = 0.0410$

ดังนั้น $R(X) = 0.0442 - 0.0410$

$= 0.0032\%$

$AV = 5.15\ R(X)/d_2$

จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค. ได้ $d_2 = 2.477$

ดังนั้น $AV = 5.15\ (0.0032/2.477)$

$= 0.00665\%$

และจะได้ค่ารีโปรดิวซะบิลิตี้ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่ารีพีททะบิลิตี้ในประชากรออกไป

ได้ $AV = \sqrt{0.00665^2 - 0.00820^2 / (3 \times 3)}$

$= 0.00606$

ค่า AV ที่ได้นี้มีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปร เนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัดเท่ากับ ± 0.00303% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$GR\&R = \sqrt{(0.00820^2 + 0.00606^2)}$

$= 0.01019$

ซึ่งมีความหมายว่าในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ ± 0.00509% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลองสามารถทำการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้เพื่อการประมาณ “ค่าแท้จริง” ของชิ้นงานตัวอย่างแต่ละชิ้นได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงาน 1	0.0229	0.0555	0.0480
	พนักงาน 2	0.0247	0.0566	0.0483
	พนักงาน 3	0.0243	0.0567	0.0513
	พนักงาน 4	0.0246	0.0592	0.0488
	พนักงาน 5	0.0223	0.0539	0.0469
ค่าแท้จริง		0.02376	0.05638	0.04866

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นและตารางที่ 2 ในภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนภูมิควบคุม X ได้ดังนี้

$UCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_6$

$= 0.04293 + 0.577\ (0.00269) = 0.04448$

$CL_x = 0.04293$

$LCL_x = \overline{\overline{X}} + A_2R_6$

$= 0.04293 - 0.577\ (0.00269) = 0.04138$

ในกรณีนี้พบว่ามีจำนวน X ที่ออกนอกพิกัดควบคุมมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนได้โดยที่ $R_p = 0.03262\%$

ดังนั้น $PV = 5.15\ R_p/d_2$

ในที่นี้ได้ d2 = 1.906 (จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

ได้ $PV = 5.15\ (0.03262/1.906) = 0.08814$

และ $TV = \sqrt{(0.08814^2 + 0.01019^2)}$

$= 0.08873$

<u>การประเมิลผลระบบการวัด</u>

จากสมการ

P/TV = (GR&R / ความผันแปรของกระบวนการ) x 100%

จะได้ผลว่า

P/TV = (0.01019 / 0.08873) x 100% = 11.48%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100% แล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 11.48%

จากเกณฑ์การยอมรับได้ระบบการวัดสามารถยอมรับได้ แต่ควรปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. 2

วิธีการคำนวณค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดโดยวิธีค่าเฉลี่ยและพิสัยหลังปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ Tensile RMU
พารามิเตอร์ Ultimate tensile
ข้อกำหนดเฉพาะ

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X)
252040331	431.509	415.080	16.429	413.480	411.152	2.328	409.009	403.569	5.440	409.153	414.539	5.386	410.268	412.365	2.097	413.436
252130733	472.087	473.065	0.978	479.833	473.357	6.476	474.234	471.364	2.870	473.826	477.487	3.661	479.362	481.387	2.025	475.600
252330561	300.713	298.185	2.528	296.707	301.093	4.376	294.032	295.850	1.818	298.270	299.053	0.783	300.525	300.861	0.336	298.528
ค่าเฉลี่ย		398.440	6.645		395.935	4.393		391.343	3.376		395.388	3.277		390.534	1.181	395.855

R_A = 6.645
R_B = 4.393
R_C = 3.376
R_D = 3.277
R_E = 1.181
R" = 3.774

จำนวนครั้งที่ทดลองซ้ำ	D_4
2	3.27

$R"*D_4 = UCL_R$
3.774*3.27 = 12.341

X'_{max} = 398.440
X'_{min} = 390.534
R(X') = 7.906

Rp = 475.600-298.528
= 177.072

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH ของเครื่อง TENSILE RMU

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R "= 3.774

$UCL_R = D_4R" = 3.27*3.774 = 112.341$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH จะมีค่าไม่เกิน 12.341 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

<u>การคำนวณค่า REPEATABILITY</u>

$EV = 5.15\ R"/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

$= K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 3.774$

$= 17.209$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 8.604 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY</u>

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 398.440-390.534$

$= 7.906$

$AV = 5.15\ R(x')/d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 7.906$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 21.41735$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(24.22^2 - 15.96^2/3*2)} = 23.33$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = $\pm$ 10.116 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$$GR\&R = \sqrt{(20.232^2 + 17.209^2)} = 26.51$$

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 395.855 + (0.57*3.774)$$
$$= 398.006$$
$$CL_x = 395.855$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 393.704$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 475.600 - 298.528$$
$$= 177.072$$
$$PV = 5.15*R_p/d_2^*$$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701*177.072 \quad (5.15/d_2^* = K_3 = 2.701)$$
$$= 478.2715$$
$$TV = \sqrt{(478.2715^2 + 26.51^2)} = 479.006$$

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 26.51/479.006 *100% = 5.53%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด 5.53%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ Tensile RMU
พารามิเตอร์ UPPER YIELD POINT
ข้อกำหนดเฉพาะ หน่วย (N/mm2)

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X)
252040331	310.384	305.054	5.330	296.675	294.446	2.000	281.573	279.578	1.995	292.881	302.504	9.623	297.425	303.253	5.828	295.387
252130733	348.805	345.524	3.281	353.960	351.473	2.487	351.862	350.493	1.369	360.437	356.452	3.985	344.332	368.296	23.964	353.163
252330561	233.617	212.740	20.877	220.320	222.411	2.091	211.181	215.138	3.957	210.327	208.563	1.764	206.629	196.703	9.926	213.763
ค่าเฉลี่ย		292.687	9.829		289.919	2.193		281.638	2.440		288.527	5.124		278.990	16.945	287.438

R_A = 9.829
R_B = 2.193
R_C = 2.440
R_D = 5.124
R_E = 16.945
R" = 7.306

จำนวนครั้งที่ทดลองซ้ำ	D_4
2	3.27

$R"*D_4 = UCL_R$
7.306*3.27 = 23.89

X'_{max} = 292.687
X'_{min} = 278.990
R(X') = 13.697

Rp = 353.163 – 213.763
= 139.400

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า % UPPER YIELD POINT ของเครื่อง TENSILE RMU

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R"= 7.306

$UCL_R = D_4R" = 3.27*7.306 = 23.891$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว พบว่าความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า UPPER YIELD POINT จะมีค่าไม่เกิน 23.891 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

<u>การคำนวณค่า REPEATABILITY</u>

$EV = 5.15\ R"/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

$= K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 7.306$

$= 33.315$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 16.658 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY</u>

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 292.687 - 278.990$

$= 13.697$

$AV = 5.15\ R(x')/d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 13.697$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 37.105$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(37.105^2 - 33.315^2/3*2)} = 34.522$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = $\pm$ 17.261 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$$GR\&R = \sqrt{(34.522^2 + 33.315^2)} = 47.976$$

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 287.438 + (0.57*7.306)$$
$$= 291.602$$
$$CL_x = 287.438$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 283.274$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 353.163 - 213.763$$
$$= 139.4$$
$$PV = 5.15*R_p/d_2^*$$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701*139.4 \qquad (5.15/d_2^* = K_3 = 2.701)$$
$$= 376.519$$
$$TV = \sqrt{(376.519^2 + 47.976^2)} = 379.563$$

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = (47.976/379.563) *100% = 12.64%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด = 12.64%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้สามารถยอมรับได้ แต่ควรปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ	Tensile RMU
พารามิเตอร์	% Elongation
ข้อกำหนดเฉพาะ	หน่วย -

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X")
252040331	33.8	34.6	0.8	36.0	34.6	1.4	35.2	35.0	0.2	32.8	34.2	1.4	34.2	35.6	1.4	34.53
252130733	33.6	34.2	0.6	36.0	35.0	1.0	36.0	35.6	0.4	33.2	34.0	0.8	35.6	35.8	0.2	34.90
252330561	43.6	43.4	0.2	44.0	46.0	2.0	44.2	44.0	0.2	42.6	43.8	1.2	44.8	44.0	0.8	44.04
ค่าเฉลี่ย		37.2	0.53333		38.6	1.46667		38.3333	0.26667		36.7667	1.13333		40.05	0.5	37.82

.

RA = 0.53333
RB = 1.46667
RC = 0.26667
RD = 1.13333
RE = 0.5
R" = 0.7799

จำนวนครั้งที่ทดลอง	D4
2	3.27

$R"*D = UCL_R$
0.7799*3.27 = 2.550

X'_{max} = 40.05
X'_{min} = 36.77
R(X') = 3.28

Rp	=	44.04 – 34.53
	=	9.51

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า % ELONGATION ของเครื่อง TENSILE RMU

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R"= 0.7799

$UCL_R = D_4R" = 3.27*0.7799 = 2.55$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า %ELONGATION จะมีค่าไม่เกิน 2.55 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

<u>การคำนวณค่า REPEATABILITY</u>

$EV = 5.15 R"/d_2$ ($d_2 = 1.1128$)

$= K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 0.7799$

$= 3.556$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 1.778 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY</u>

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 40.05 – 36.77$

$= 3.28$

$AV = 5.15 R(x') /d_2$ ($d_2 = 2.378$ จาก ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 3.28$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 8.886$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(8.886^2 - 3.556^2/3*2)} = 8.767$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = $\pm$ 4.39 รอบค่าจริงของงาน

การคำนวณค่า GR&R

$$GR\&R = \sqrt{(3.556^2 + 8.767^2)} = 9.461$$

การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 37.82 + (0.57*0.7799)$$
$$= 38.265$$
$$CL_x = 37.82$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 37.375$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 44.04 - 34.53$$
$$= 9.51$$
$$PV = 5.15*R_p/d_2^*$$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701*9.51 \qquad (5.15/d_2^* = K_3 = 2.701)$$
$$= 25.687$$
$$TV = \sqrt{(25.687^2 + 9.461^2)} = 27.374$$

การประเมินผลระบบการวัด

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = (9.461/27.374) *100% = 34.562%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด = 34.562%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ ไม่สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ	Tensile (Zwick)
พารามิเตอร์	UPPER YIELD POINT
ข้อกำหนดเฉพาะ หน่วย (N/mm2)	

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X")
252040331	330.09	328	2.09	325	324.31	0.69	325.96	323	2.96	334.2	325.98	8.22	335.99	325	10.99	327.75
252130733	386	370	16	360.13	359.74	0.39	359.74	358.05	1.69	360	355	5.00	359.54	352.82	6.72	362.10
252330561	209	205	4	236.15	230	6.15	209	205	4	229.5	211	18.50	219.61	215	4.61	216.93
ค่าเฉลี่ย		304.68	7.36		305.89	2.41		296.79	2.88		302.61	10.57		301.33	7.44	

.

RA = 7.36
RB = 2.41
RC = 2.88
RD = 10.57
RE = 7.44
R" = 6.134

จำนวนครั้งที่ทดลอง	D4
2	3.27

$R"*D = UCL_R$
20.05

X'_{max} =305.88
X'_{min} = 296.79
R(X') = 9.10

Rp = 362.10 –216.93
= 145.17

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า UPPER YIELD POINT ของเครื่อง TENSILE (Zwick)

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R "= 6.13

$UCL_R = D_4R" = 3.27*6.13 = 20.05$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH จะมีค่าไม่เกิน 11.44 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

<u>การคำนวณค่า REPEATABILITY</u>

EV = $5.15 R"/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

= $K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

= 4.56 * 6.13

= .27.95

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 13.08 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY</u>

R(x') = $X'_{max} - X'_{min}$

= 305.89 – 296.79

= 9.10

AV = $5.15 R(x') /d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

= 2.709 * 9.10 $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

= 21.94

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(24.65^2 - 36.79^2/3*2)} = 21.85$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = $\pm$ 10.93 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$$GR\&R = \sqrt{(21.85^2 + 27.95^2)} = 35.48$$

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$UCL_x = X_{av} + A_2R''$

$= 302.26 + (0.57*6.13)$

$= 305.75$

$CL_x = 302.26$

$LCL_x = X_{av} - A_2R''$

$= 298.77$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$R_p = X''_{max} - X''_{min}$

$= 362.10 - 216.93$

$= 145.17$

$PV = 5.15*R_p/d_2^*$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$PV = 2.701*145.17$ ($5.15/d_2^* = K_3 = 2.701$)

$= 393.74$

$TV = \sqrt{(392.10^2 + 35.47^2)} = 393.70$

การประเมินผลระบบการวัด

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 35.47/393.70 *100% = 9.01%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด 9.01%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ	Tensile (Zwick)
พารามิเตอร์	Ultimate Tensile
ข้อกำหนดเฉพาะ หน่วย (N/mm^2)	

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X")
252040331	438.01	431.55	6.46	436.35	430.08	6.27	434.24	433.97	0.27	434.41	432.35	2.06	438.81	433.17	5.64	434.29
252130733	500.04	491.90	8.14	486.93	484.75	2.18	487.36	484.75	2.61	485.79	477.88	5.00	486.15	479.77	6.38	461.67
252330561	315.99	310.33	5.66	314.72	308.12	6.60	311.92	312.03	0.11	309.90	309.50	0.40	323.25	315.16	8.09	313.09
ค่าเฉลี่ย		414.64	6.75		410.16	5.02		410.71	0.99		408.31	3.46		412.72	6.70	

.

RA = 6.75
RB = 5.02
RC = 0.99
RD = 3.46
RE = 6.70
R" = 4.59

จำนวนครั้งที่ทดลอง	D4
2	3.27

$R"*D = UCL_R$
14.99

X'_{max} =414.64
X'_{min} = 408.31
R(X') = 6.33

Rp = 461.67 – 313.09
= 148.58

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH ของเครื่อง TENSILE (Zwick)

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R "= 4.59

$UCL_R = D_4R" = 3.27*4.59 = 15.00$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH จะมีค่าไม่เกิน 11.44 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

<u>การคำนวณค่า REPEATABILITY</u>

$EV = 5.15 R"/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

$= K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

$= 4.56 * 4.59$

$= 20.93$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 7.98 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY</u>

$R(x') = X'_{max} - X'_{min}$

$= 414.64 – 408.31$

$= 6.33$

$AV = 5.15 R(x') /d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

$= 2.709 * 6.33$ $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

$= 17.15$

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(17.15^2 - 20.93^2/3*2)} = 14.86$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = $\pm$ 11.66 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$$GR\&R = \sqrt{(14.86^2 + 20.93^2)} = 25.66$$

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$$UCL_x = X_{av} + A_2R''$$
$$= 411.31 + (0.57*4.59)$$
$$= 413.92$$
$$CL_x = 411.31$$
$$LCL_x = X_{av} - A_2R''$$
$$= 408.69$$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$$R_p = X''_{max} - X''_{min}$$
$$= 461.67 - 313.09$$
$$= 148.58$$
$$PV = 5.15*R_p/d_2*$$

(d_2* =1.906 จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

$$PV = 2.701*148.58 \quad (5.15/d_2* = K_3 = 2.701)$$
$$= 401.31$$
$$TV = \sqrt{(401.31^2 + 20.93^2)} = 401.85$$

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 20.93/401.85 *100% = 5.21%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด 5.21%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องทดสอบ	Tensile (Zwick)
พารามิเตอร์	% Elongation
ข้อกำหนดเฉพาะ หน่วย (N/mm^2)	

พนักงาน	A			B			C			D			E			ค่าแท้จริง
Coil No.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	พิสัย	(X")
252040331	34.72	23.84	10.88	30.46	34.17	3.71	25.90	35.84	9.94	32.54	30.47	2.07	35.48	32.65	2.83	31.61
252130733	32.41	32.50	0.09	32.06	29.65	2.41	32.06	31.54	0.52	29.31	29.83	0.52	31.86	32.23	0.37	31.35
252330561	44.74	45.23	0.49	42.14	43.27	1.13	44.02	41.68	2.34	42.61	41.49	1.12	43.50	42.14	1.36	43.08
ค่าเฉลี่ย		35.57	3.82		35.29	2.42		35.17	4.27		34.38	1.24		36.31	1.52	

.

RA = 3.82
RB = 2.42
RC = 4.27
RD = 1.24
RE = 1.52
R" = 2.65

จำนวนครั้งที่ทดลอง	D4
2	3.27

$R"*D = UCL_R$
8.67

X'_{max} =36.31
X'_{min} = 34.38
R(X') = 1.93

Rp = 43.08 – 31.35
= 11.73

R_A = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงาน A ที่วัดได้

R" = ค่าพิสัยเฉลี่ยของพนักงานวัดทุกคน

X' = ค่าเฉลี่ยที่พนักงานแต่ละคนวัดได้

X" = ค่าแท้จริงของชิ้นงานแต่ละเบอร์

X_{av} = ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทุกชิ้นจากพนักงานวัดทุกคน

Rp = พิสัยของค่าแท้จริงของชิ้นงานที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่า % Elongation ของเครื่อง TENSILE (Zwick)

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากผลการทดลอง จะหาค่าของ R ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R "= 2.65

$UCL_R = D_4R" = 3.27*2.65 = 8.67$

(D_4จากจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง มีค่า เท่ากับ 3.27)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้สามารถแยกความแตกต่างอย่างสุ่มได้แล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวัดซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติ ในการวัดค่า ULTIMATE TENSILE STRENGTH จะมีค่าไม่เกิน 11.44 ซึ่งจากการทดลอง พบว่าค่าวัดทุกค่าเป็นไปตามธรรมชาติ

<u>การคำนวณค่า REPEATABILITY</u>

EV = $5.15 R"/d_2$ ($d_2 = 1.128$)

= $K_1*R"$ $5.15/d_2 = K_1 = 4.56$

= 4.56 * 2.65

= 12.09

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบการวัดนี้ได้ค่าความผันแปร $\pm$ 6.05 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า REPRODUCIBILITY</u>

R(x') = $X'_{max} - X'_{min}$

= 36.31 – 34.38

= 1.94

AV = $5.15 R(x') /d_2$ ($d_2 = 2.477$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค.)

= 2.709 * 1.94 $5.15/d_2 = K_2 = 2.709$

= 5.26

แต่ค่า AV ที่ได้ยังต้องมีการปรับค่าอีก โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป ดังนั้น

$$AV = \sqrt{(5.26^2 - 12.09^2/3*2)} = 1.76$$

มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด = $\pm$ 11.66 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$$GR\&R = \sqrt{(1.76^2 + 12.09^2)} = 12.22$$

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยออกของค่า Repeatability และ Reproducibility เพื่อการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวอย่างชิ้นงาน

$UCL_x = X_{av} + A_2R''$

$= 35.34 + (0.57*2.65)$

$= 36.86$

$CL_x = 35.34$

$LCL_x = X_{av} - A_2R''$

$= 33.83$

ในกรณีนี้พบว่า X' ออกนอกพิกัดค่อนข้างมาก แสดงว่าระบบการวัดสามารถประเมินความผันแปรของกระบวนการได้ โดยที่

$R_p = X''_{max} - X''_{min}$

$= 43.08 - 31.35$

$= 11.73$

$PV = 5.15*R_p/d_2^*$

(d_2^* =1.906 จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

$PV = 2.701*11.73$ ($5.15/d_2^* = K_3 = 2.701$)

$= 31.68$

$TV = \sqrt{(31.68^2 + 12.22^2)} = 33.96$

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จาก P/TV =GR&R/ ความผันแปรของกระบวนการ *100 %

จะได้ว่า P/TV = 12.22/33.96 *100% = 35.98%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 แล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากการวัด 35.98%

จากเกณฑ์การยอมรับ ระบบการวัดนี้ ไม่สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงส่วนผสมของธาตุ Carbon

พนักงาน	คนที่1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.1451	0.1345	0.1434	0.0106	0.1492	0.1359	0.1474	0.0133	0.1424	0.1339	0.1428	0.0089	0.1493	0.1397	0.1467	0.0096	0.1481	0.1431	0.1469	0.005
2	0.0145	0.0141	0.0149	0.0008	0.0171	0.0138	0.0159	0.0033	0.0165	0.0156	0.014	0.0025	0.0147	0.0149	0.0148	0.0002	0.0144	0.0143	0.0143	1E-04
3	0.0675	0.0716	0.0707	0.0041	0.0723	0.0723	0.0741	0.0018	0.0702	0.0729	0.0744	0.0042	0.0724	0.0713	0.0706	0.0018	0.0707	0.0722	0.0711	0.0015
ผลรวม	0.2271	0.2202	0.229	0.0155	0.2386	0.222	0.2374	0.0184	0.2291	0.2224	0.2312	0.0156	0.2364	0.2259	0.2321	0.0116	0.2332	0.2296	0.2323	0.0066
		0.2271		0.0052		0.2386		0.00613		0.2291		0.0052		0.2364		0.00387		0.2332		0.0022
		0.229		R_a		0.2374		R_b		0.2312		R_c		0.2321		R_d		0.2323		R_e
	ผลรวม	0.6763			ผลรวม	0.698			ผลรวม	0.6827			ผลรวม	0.6944			ผลรวม	0.6951		
	X 1	0.0751			X 2	0.0776			X 3	0.0759			X 4	0.0772			X 5	0.0772		

กำหนดให้ Ra = ค่าเฉลี่ยของพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1

Rb = ค่าเฉลี่ยของพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2

Rc = ค่าเฉลี่ยของพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3

Rd = ค่าเฉลี่ยของพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4

Re = ค่าเฉลี่ยของพิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5

R1 = ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณธาตุ Carbon

X1 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณCarbonที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1

X2 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณCarbonที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2

X3 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณCarbonที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3

X4 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณCarbonที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4

X5 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณCarbonที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5

<u>หมายเหตุ</u>

ชิ้นงานที่1 คือ Coil No 213190485

ชิ้นงานที่2 คือ Coil No 213050421

ชิ้นงานที่3 คือ Coil No 215010033

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ระบบการวัดของธาตุ Carbon

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R1 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

$R_1 = 0.0045$

$UCL_R = R_1 \times d_4 = 0.0045 \times 2.58 = 0.01161$

(d_4 จากการทดลอง 3 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 2.58)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่างและเป็นไปอย่างสุ่มแล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวักซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Carbon จะมีค่าไม่เกิน 0.01161

<u>การคำนวณค่า Repeatability</u>

$EV = 5.15 R_1 / d_2$

จากตารางที่ 3 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า $d_2 = 1.693$

ดั้งนั้น EV $= 5.15 \times (0.0045/1.693)$

$= 0.01369$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าความแปรผัน $\pm$ 0.00684 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า Reproducaibility</u>

ในการเฉลี่ยออกค่า Repeatability ของพนักงานวัดคนที่ 1-5 ได้ว่า

x1 = 0.0751, x2 = 0.0776, x3 = 0.0759, x4 = 0.0772, x5 = 0.0772

ดังนั้น R(X) $= 0.0776-0.0751$

$= 0.0025$

AV $= 5.15 R (X) / d_2$

จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า $d_2 = 2$.ดังนั้น AV $= 5.15 \times (0.0025/2.477)$

$= 0.005197$

และจะได้ค่า Reproducability ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่า Repaetability ในประชากรออกไป

ได้ AV $= \sqrt{0.005197^2 - 0.01369^2/(3x3)}$

$= 0.00249$

ค่า AV ที่ได้มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความแปรผันเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด เท่ากับ $\pm$ 0.001245 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

GR&R $= \sqrt{0.01369^2 + 0.00249^2}$

$= 0.013915$

ซึ่งมีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ $\pm$ 0.00696 รอบค่าทำงานจริง

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลอง สามารถทำการเฉลี่ยออกค่า Repeatability ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่า Reproducability เพื่อประมาณ "ค่าแท้จริง" ของตัวอย่างแต่ละชิ้น ได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงานคนที่ 1	0.141	0.0145	0.0699
	พนักงานคนที่ 2	0.1442	0.0156	0.0729
	พนักงานคนที่ 3	0.1397	0.0154	0.0725
	พนักงานคน ที่4	0.1452	0.0148	0.0714
	พนักงานคนที่ 5	0.146	0.0143	0.0713
ค่าแท้จริง		0.14322	0.01492	0.0716

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น และตารางที่ 2 ภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนควบคุม x ได้ดังนี้

$UCL_x = X + A_2R_1$

$= 0.0766 + 0.577(0.0045) = 0.079197$

$CL_x = 0.0766$

$LCL_x = X - A_2R_1$

$= 0.0766 - 0.577(0.0045) = 0.074004$

ในกรณีนี้พบว่า จำนวน $\overline{X}$ ที่ได้ออกนอกพิกัดควบคุม แสดงว่า ระบบการวัดสามารถประเมินความแปรผันของกระบวนการ โดยที่ $R_P = 0.14322 - 0.01492 = 0.1283$

ดังนั้น PV $= 5.15\ R_P / d_2$

ในที่นี้ได้ค่า $d_2 = 1.906$ (จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

ได้ PV $= 5.15 \times (0.1283/1.906) = 0.3467$

และ TV $= \sqrt{0.013915^2 + 0.3467^2}$

$= 0.34698$

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จากสมการ P/TV = (GR&R/ความผันแปรของกระบวนการ)x100%

จะได้ผลว่า P/TV $= (0.013915/0.3470) \times 100\% = 4.010\%$

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100% แล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 4.010%

ดังนั้น จากเกณฑ์แห่งการยอมรับ จะพบว่าระบบการวัดนี้สามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงส่วนผสมของธาตุ Manganese

พนักงาน	คนที่1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.8518	0.8384	0.8501	0.0134	0.8551	0.8368	0.8495	0.0183	0.8549	0.8374	0.8543	0.0175	0.8537	0.8486	0.8552	0.0066	0.8631	0.8481	0.8522	0.015
2	0.1493	0.1486	0.1473	0.002	0.1469	0.148	0.1466	0.0014	0.1483	0.1468	0.1472	0.0015	0.1491	0.1478	0.1488	0.0013	0.1505	0.1482	0.1485	0.0023
3	0.3035	0.3025	0.3019	0.0016	0.3038	0.3024	0.2992	0.0046	0.2999	0.2983	0.3007	0.0024	0.302	0.3038	0.3026	0.0018	0.3014	0.3048	0.3015	0.0034
ผลรวม	1.3046	1.2895	1.2993	0.017	1.3058	1.2872	1.2953	0.0243	1.3031	1.2825	1.3022	0.0214	1.3048	1.3002	1.3066	0.0097	1.315	1.3011	1.3022	0.0207
		1.3046		0.0057		1.3058		0.0081		1.3031		0.0071		1.3048		0.00323		1.315		0.0069
		1.2993		R_a		1.2953		R_b		1.3022		R_c		1.3066		R_d		1.3022		R_e
	ผลรวม	3.8934			ผลรวม	3.8883			ผลรวม	3.8878			ผลรวม	3.9116			ผลรวม	3.9183		
	X 1	0.4326			X 2	0.432			X 3	0.432			X 4	0.4346			X 5	0.4354		

<u>กำหนดให้</u>

Ra = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1

Rb = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2

Rc = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3

Rd = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4

Re = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5

R1 = ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณธาตุ Manganese

X1 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Manganese ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1

X2 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Manganese ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2

X3 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Manganese ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3

X4 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Manganese ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4

X5 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Manganese ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5

หมายเหตุ

ชิ้นงานที่1 คือ Coil No 213190485

ชิ้นงานที่2 คือ Coil No 213050421

ชิ้นงานที่3 คือ Coil No 215010033

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่าการทดลองของธาตุ Manganese

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R1 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

$R_5 = 0.0062$

$UCL_R = R_5 \times d_4 = 0.0062 \times 2.58 = 0.015996$

(d_4 จากการทดลอง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 2.58)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่างและเป็นไปอย่างสุ่มแล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวักซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Carbon จะมีค่าไม่เกิน 0.015996

<u>การคำนวณค่า Repeatability</u>

$EV = 5.15 R_5 / d_2$

จากตารางที่ 3 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า $d_2 = 1.693$

ดั้งนั้น $EV = 5.15 \times (0.0062/1.693)$

$= 0.007874$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าความแปรผัน± 0.00394% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า Reproducaibility</u>

ในการเฉลี่ยออกค่า Repaetability ของพนักงานวัดคนที่ 1-5 ได้ว่า

x1 = 0.4326 , x2 = 0.432 , x3 = 0.432 , x4 = 0.4346 , x5 = 0.4354

ดังนั้น $R(X) = 0.4354 - 0.432$

$= 0.0034$

$AV = 5.15R(X) / d_2$

จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า $d_2 = 2.477$

ดังนั้น $AV = 5.15 \times (0.0034/2.477)$

$= 0.007069$

และจะได้ค่า Reproducability ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่า Repaetability ในประชากรออกไป

ได้ $AV = \sqrt{0.007069^2 - 0.007874^2/9}$

$= 0.006564$

ค่า AV ที่ได้มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความแปรผันเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด เท่ากับ $\pm$0.00328% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$GR\&R = \sqrt{0.006564^2 + 0.007874^2}$

$= 0.010251$

ซึ่งมีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ $\pm$ 0.00513% รอบค่าทำงานจริง

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลอง สามารถทำการเฉลี่ยออกค่า Repaetability ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่า Reproducability เพื่อประมาณ "ค่าแท้จริง" ของตัวอย่างแต่ละชิ้น ได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงานคนที่1	0.84677	0.1484	0.30263
	พนักงานคนที่2	0.84713	0.14717	0.3018
	พนักงานคนที่3	0.84883	0.14743	0.29963
	พนักงานคนที่4	0.8525	0.14857	0.3028
	พนักงานคนที่5	0.85447	0.14907	0.30257
ค่าแท้จริง		0.84994	0.148128	0.301886

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น และตารางที่ 2 ภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนควบคุม x ได้ดังนี้

$UCL_x = X + A_2R_1$

$= 0.43332 + (0.577 \times 0.0062) = 0.436897$

$CL_x = 0.43332$

$LCL = X - A_2R_1$

= 0.43332 - (0.577 x 0.0062) = 0.430611

ในกรณีนี้พบว่า จำนวน X ที่ได้ออกนอกพิกัดควบคุมมาก แสดงว่า ระบบการวัดสามารถประเมินความแปรผันของกระบวนการ โดยที่ R_P = 0.84994 - 0.148128 = 0.701812

ดังนั้น PV = 5.15 R_P / d_2

ในที่นี้ได้ค่า d_2 = 1.906 (จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

ได้ PV = 5.15 x (0.701812/1.906) = 1.896292

และ TV = $\sqrt{1.896292^2 + 0.010251^2}$

= 1.89632

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จากสมการ P/TV = (GR&R/ความผันแปรของกระบวนการ)x100%

จะได้ผลว่า P/TV =(0.010251/1.89632)x 100% = 0.5406%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100% แล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 0.5406%

ดังนั้นจากเกณฑ์แห่งการยอมรับ จะพบว่าระบบการวัดสามารถยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงส่วนผสมของธาตุ Phosphorus

พนักงาน	คนที่1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.0123	0.0123	0.0123	0	0.0125	0.0115	0.0126	0.0011	0.0126	0.0116	0.0128	0.0012	0.0116	0.0123	0.0123	0.0007	0.0129	0.0126	0.0128	0.0003
2	0.0166	0.0166	0.0175	0.0009	0.0158	0.0158	0.0164	0.0006	0.0162	0.0165	0.017	0.0008	0.0158	0.0161	0.0162	0.0004	0.0173	0.0159	0.0174	0.0015
3	0.0094	0.0091	0.0092	0.0003	0.0082	0.0077	0.0085	0.0008	0.0077	0.008	0.0084	0.0007	0.0081	0.0082	0.0076	0.0006	0.0086	0.0085	0.0082	0.0004
ผลรวม	0.0383	0.038	0.039	0.0012	0.0365	0.035	0.0375	0.0025	0.0365	0.0361	0.0382	0.0027	0.0355	0.0366	0.0361	0.0017	0.0388	0.037	0.0384	0.0022
		0.0383		0.0004		0.0365		0.00083		0.0365		0.0009		0.0355		0.00057		0.0388		0.0007
		0.039		R_a		0.0375		R_b		0.0382		R_c		0.0361		R_d		0.0384		R_e
	ผลรวม	0.1153			ผลรวม	0.109			ผลรวม	0.1108			ผลรวม	0.1082			ผลรวม	0.1142		
	X 1	0.0128			X 2	0.0121			X 3	0.0123			X 4	0.012			X 5	0.0127		

<u>กำหนดให้</u>

Ra = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1

Rb = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2

Rc = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3

Rd = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4

Re = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5

R1 = ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณธาตุ Phosphorus

X1 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Phosphorus ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1

X2 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Phosphorus ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2

X3 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Phosphorus ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3

X4 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Phosphorus ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4

X5 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Phosphorus ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5

หมายเหตุ

ชิ้นงานที่1 คือ Coil No 213190485

ชิ้นงานที่2 คือ Coil No 213050421

ชิ้นงานที่3 คือ Coil No 215010033

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่าการทดลองของธาตุ Phosphorus

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R1 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

$R_4 = 0.0007$

$UCL_R = R_4 \times d_4 = 0.0007 \times 2.58 = 0.001806$

(d_4 จากการทดลอง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 2.58)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่างและเป็นไปอย่างสุ่มแล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวักซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Phosphorus จะมีค่าไม่เกิน 0.001806

<u>การคำนวณค่า Repeatability</u>

$EV = 5.15 R_4 / d_2$

จากตารางที่ 3 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า $d_2 = 1.693$

ดั้งนั้น $EV = 5.15 \times (0.0007/1.693)$

$= 0.002129$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าความแปรผัน ±0.0010647% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า Reproducaibility</u>

ในการเฉลี่ยออกค่า Repaetability ของพนักงานวัดคนที่ 1-5 ได้ว่า

x1 = 0.0128 , x2 = 0.0121 , x3 = 0.0123 , x4 = 0.012 , x5 = 0.0127

ดังนั้น $R(X) = 0.0128 - 0.012$

$= 0.0008$

$AV = 5.15R(X) / d_2$

จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า $d_2 = 2.477$

ดังนั้น $AV = 5.15 \times (0.0008/2.477)$

$= 0.001663$

และจะได้ค่า Reproducability ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่า Repaetability ในประชากรออกไป

ได้ $AV = \sqrt{0.001663^2 - 0.002129^2/9}$

$= 0.001504$

AV ที่ได้มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความแปรผันเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด เท่ากับ $\pm$ 7.52e-4% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$GR\&R = \sqrt{0.002129^2 + 0.001504^2}$

$= 0.0026067$

ซึ่งมีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ $\pm$0.001303% รอบค่าทำงานจริง

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลอง สามารถทำการเฉลี่ยออกค่า Repeatability ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่า Reproducability เพื่อประมาณ "ค่าแท้จริง" ของตัวอย่างแต่ละชิ้น ได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงานคนที่1	0.0123	0.0169	0.00923
	พนักงานคนที่2	0.01167	0.016	0.00813
	พนักงานคนที่3	0.01233	0.01657	0.00803
	พนักงานคนที่4	0.01207	0.01603	0.00797
	พนักงานคนที่5	0.01277	0.01687	0.00843
ค่าแท้จริง		0.012228	0.016474	0.008358

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น และตารางที่ 2 ภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนควบคุม x ได้ดังนี้

$UCL_x = X + A_2R_4$

$= 0.01238 + (0.577 \times 0.0007) = 0.0127839$

$CL_x = 0.01238$

$LCL = X - A_2R_4$

= 0.01238 - (0.577 x 0.0007) = 0.0119761

ในกรณีนี้พบว่า จำนวน X ที่ได้ออกนอกพิกัดควบคุมมาก แสดงว่า ระบบการวัดสามารถประเมินความแปรผันของกระบวนการ โดยที่ R_P = 0.016474 - 0.008358 = 0.008116

ดังนั้น PV = 5.15 R_P / d_2

ในที่นี้ได้ค่า d_2 = 1.906 (จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

ได้ PV = 5.15 x (0.008116/1.906) = 0.021929

และ TV = $\sqrt{0.021929^2 + 0.0026067^2}$

= 0.022083

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จากสมการ P/TV = (GR&R/ความผันแปรของกระบวนการ) x100%

จะได้ผลว่า P/TV = (0.0026067/0.022083) x 100% = 11.804%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100% แล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 11.804%

ดังนั้นจากเกณฑ์แห่งการยอมรับ จะพบว่าระบบการวัดสามารถยอมรับได้แต่ควรปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงส่วนผสมของธาตุ Sulphur

พนักงาน	คนที่1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.0078	0.0074	0.0075	0.0004	0.0089	0.0069	0.0076	0.002	0.0072	0.0064	0.0072	0.0008	0.0063	0.0065	0.0068	0.0005	0.0078	0.0068	0.0062	0.0016
2	0.0134	0.013	0.0139	0.0009	0.0123	0.0117	0.0127	0.001	0.0118	0.0117	0.0121	0.0004	0.0113	0.0112	0.0113	1E-04	0.0121	0.0112	0.0122	0.001
3	0.0121	0.012	0.0121	1E-04	0.0114	0.0105	0.0114	0.0009	0.01	0.0103	0.0105	0.0005	0.0104	0.0106	0.0101	0.0005	0.0105	0.0111	0.0104	0.0007
ผลรวม	0.0333	0.0324	0.0335	0.0014	0.0326	0.0291	0.0317	0.0039	0.029	0.0284	0.0298	0.0017	0.028	0.0283	0.0282	0.0011	0.0304	0.0291	0.0288	0.0033
		0.0333		0.00047		0.0326		0.0013		0.029		0.0006		0.028		0.00037		0.0304		0.0011
		0.0335		R_a		0.0317		R_b		0.0298		R_c		0.0282		R_d		0.0288		R_e
	ผลรวม	0.0992			ผลรวม	0.0934			ผลรวม	0.0872			ผลรวม	0.0845			ผลรวม	0.0883		
	X 1	0.011			X 2	0.0104			X 3	0.0097			X 4	0.0094			X 5	0.0098		

<u>กำหนดให้</u>

Ra = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1

Rb = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2

Rc = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3

Rd = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4

Re = ค่าเฉลี่ยของ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5

R1 = ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณธาตุ Sulphur

X1 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณSulfurที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1

X2 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Sulfur ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2

X3 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Sulfur ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3

X4 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Sulfur ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4

X5 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Sulfur ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5

หมายเหตุ

ชิ้นงานที่1 คือ Coil No 213190485

ชิ้นงานที่2 คือ Coil No 213050421

ชิ้นงานที่3 คือ Coil No 215010033

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ระบบการวัดของธาตุ Sulphur

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R1 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

$R_3 = 0.0008$

$UCL_R = R_3 \times d_4 = 0.0008 \times 2.58 = 0.002064$

(d_4 จากการทดลอง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ 2.58)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่างและเป็นไปอย่างสุ่มแล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวักซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Sulfur จะมีค่าไม่เกิน 0.002064

<u>การคำนวณค่า Repeatability</u>

$EV = 5.15 R_3 / d_2$

จากตารางที่ 2 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า $d_2 = 1.693$

ดั้งนั้น $EV = 5.15 \times (0.0008/1.693)$

$= 0.002434$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าความแปรผัน 0.001217 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า Reproducability</u>

ในการเฉลี่ยออกค่า Repeatability ของพนักงานวัดคนที่ 1-5 ได้ว่า

x1 = 0.011 , x2 = 0.0104 , x3 = 0.0097 , x4 = 0.0094 , x5 = 0.0098

ดังนั้น $R(X) = 0.011 - 0.0094$

$= 0.0016$

$AV = 5.15R(X) / d_2$

จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า $d_2 = 2.477$

ดังนั้น $AV = 5.15 \times (0.0016/2.477)$

$= 0.003327$

และจะได้ค่า Reproducability ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่า Repaetability ในประชากรออกไป

ได้ $AV = \sqrt{0.003327^2 - 0.002434^2/9}$

$= 0.002268$

ค่า AV ที่ได้มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความแปรผันเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด เท่ากับ $\pm$ 0.0011341 รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$GR\&R = \sqrt{0.002434^2 + 0.002268^2}$

$= 0.0033269$

ซึ่งมีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ $\pm$ 0.001663 รอบค่าทำงานจริง

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลอง สามารถทำการเฉลี่ยออกค่า Repeatability ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่า Reproducibility เพื่อประมาณ "ค่าแท้จริง" ของตัวอย่างแต่ละชิ้น ได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงานคนที่1	0.00757	0.01343	0.01207
	พนักงานคนที่2	0.0078	0.01223	0.0111
	พนักงานคนที่3	0.00693	0.01187	0.01027
	พนักงานคนที่4	0.00653	0.01127	0.01085
	พนักงานคนที่5	0.00693	0.01183	0.01067
ค่าแท้จริง		0.007152	0.012126	0.010992

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น และตารางที่ 2 ภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนควบคุม x ได้ดังนี้

$UCL_x = X + A_2R_3$

$= 0.01006 + (0.577 \times 0.0008) = 0.010522$

$CL_x = 0.01006$

$LCL = X - A_2R_3$

= 0.01006 - (0.577 x 0.0008) = 0.0095984

ในกรณีนี้พบว่า จำนวน X ที่ได้ออกนอกพิกัดควบคุมมาก แสดงว่า ระบบการวัดสามารถประเมินความแปรผันของกระบวนการ โดยที่ R_P = 0.012126 - 0.007152 = 0.004974

ดังนั้น PV = 5.15 R_P / d_2

ในที่นี้ได้ค่า d_2 = 1.906 (จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

ได้ PV = 5.15 x(0.004974/1.906) = 0.0134397

และ TV = $\sqrt{0.0134397^2 + 0.0033269^2}$

= 0.013845

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จากสมการ P/TV = (GR&R/ความผันแปรของกระบวนการ)x100%

จะได้ผลว่า P/TV = (0.0033269/0.013845) x 100% = 24.03%

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100% แล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 24.03%

ดังนั้น จากเกณฑ์แห่งการยอมรับ จะพบว่า ระบบการวัดสามารถยอมรับได้แต่ควรปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงส่วนผสมของธาตุ Aluminium

พนักงาน	คนที่1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
ชิ้นงานที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	พิสัย
1	0.0522	0.0485	0.0517	0.0037	0.0503	0.0508	0.0479	0.0029	0.0522	0.049	0.0539	0.0049	0.0503	0.0533	0.0492	0.0041	0.0517	0.0511	0.049	0.0027
2	0.0425	0.043	0.0411	0.0019	0.0443	0.0484	0.0431	0.0053	0.0457	0.042	0.0451	0.0037	0.047	0.0432	0.042	0.005	0.0462	0.0456	0.0437	0.0025
3	0.0695	0.0697	0.067	0.0027	0.0685	0.0704	0.0708	0.0023	0.0789	0.0709	0.069	0.0099	0.0705	0.0687	0.075	0.0063	0.0685	0.079	0.0681	0.0109
ผลรวม	0.1642	0.1612	0.1598	0.0083	0.1631	0.1696	0.1618	0.0105	0.1768	0.1619	0.168	0.0185	0.1678	0.1652	0.1662	0.0154	0.1664	0.1757	0.1608	0.0161
		0.1642		0.0028		0.1631		0.0035		0.1768		0.0062		0.1678		0.00513		0.1664		0.0054
		0.1598		R_a		0.1618		R_b		0.168		R_c		0.1662		R_d		0.1608		R_e
	ผลรวม	0.4852			ผลรวม	0.4945			ผลรวม	0.5067			ผลรวม	0.4992			ผลรวม	0.5029		
	X 1	0.0539			X 2	0.0549			X 3	0.0563			X 4	0.0555			X 5	0.0559		

กำหนดให้ Ra = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 1

Rb = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 2

Rc = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 3

Rd = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 4

Re = ค่าเฉลี่ยขอ'พิสัยจากการวัดของพนักงานคนที่ 5

R1 = ค่าเฉลี่ยพิสัยทั้งหมดของปริมาณธาตุ Aluminium

X1 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Aluminium ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 1

X2 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Aluminium ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 2

X3 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Aluminium ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 3

X4 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Aluminium ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 4

X5 = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของปริมาณ Aluminium ที่วัดโดยพนักงานคนที่ 5

หมายเหตุ ชิ้นงานที่1 คือ Coil No 213190485

ชิ้นงานที่2 คือ Coil No 213050421

ชิ้นงานที่3 คือ Coil No 215010033

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ค่าการทดลองของธาตุ Aluminium

<u>การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล</u>

จากการทดลองจะหาค่า R1 ที่แสดง Repeatability ในการวัดได้ดังนี้

R_6 =0.0046

$UCL_R = R_6 \times d_4 = 0.0046 \times 2.58 = 0.011868$

(d_4 จากการทดลอง 3 ครั้งมีค่าเท่ากับ2.58)

หมายความว่า เมื่อการวัดครั้งนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่างและเป็นไปอย่างสุ่มแล้ว พบว่า ความแตกต่างของการวักซ้ำจากสาเหตุธรรมชาติในการวิเคราะห์ปริมาณของ Carbon จะมีค่าไม่เกิน 0.011868

<u>การคำนวณค่า Repeatability</u>

$EV = 5.15 R_6 / d_2$

จากตารางที่ 3 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า d_2= 1.693

ดั้งนั้น $EV = 5.15 \times (0.0046/1.693)$

$= 0.013993$

แสดงว่า EV ที่ได้มีความหมายว่า ในการวัดซ้ำด้วยระบบนี้จะได้ค่าความแปรผัน ±0.006996% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า Reproducaibility</u>

ในการเฉลี่ยออกค่า Repeatability ของพนักงานวัดคนที่ 1-5 ได้ว่า

x1 = 0.0539 , x2 = 0.0549 , x3 = 0.0563 , x4 = 0.0555 , x5 = 0.0559

ดังนั้น R(X) = 0.0563 - 0.0539

$= 0.0024$

$AV = 5.15R(X) / d_2$

จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค. จะได้ค่า d_2 = 2.447

ดังนั้น $AV = 5.15 \times (0.0024/2.477)$

$= 0.0049899$

และจะได้ค่า Reproducability ที่มีการปรับค่า โดยการหักค่า Repeatability ในประชากรออกไป

ได้ $AV = \sqrt{0.0049899^2 - 0.013993^2/9}$

$= 0.00000314$

ค่า AV ที่ได้มีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความแปรผันเนื่องจากความแตกต่างของพนักงานวัด เท่ากับ $\pm$ 0.00000157% รอบค่าจริงของงาน

<u>การคำนวณค่า GR&R</u>

$GR\&R = \sqrt{0.00000314^2 + 0.013993^2}$

$= 0.013993$

ซึ่งมีความหมายว่า ในระบบการวัดนี้จะมีความผันแปรโดยรวมเท่ากับ $\pm$ 0.0069965% รอบค่าทำงานจริง

<u>การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ</u>

จากผลการทดลอง สามารถทำการเฉลี่ยออกค่า Repaetability ในการวัดซ้ำ และเฉลี่ยออกค่า Reproducability เพื่อประมาณ "ค่าแท้จริง" ของตัวอย่างแต่ละชิ้น ได้ผลดังนี้

ชิ้นงานที่		1	2	3
ค่าเฉลี่ย	พนักงานคนที่1	0.0508	0.0422	0.06873
	พนักงานคนที่2	0.04967	0.04527	0.0699
	พนักงานคนที่3	0.0517	0.04427	0.07293
	พนักงานคนที่4	0.05093	0.04407	0.0714
	พนักงานคนที่5	0.0506	0.04517	0.07187
ค่าแท้จริง		0.05074	0.044196	0.070966

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น และตารางที่ 2 ภาคผนวก ค. จะคำนวณพิกัดควบคุม UCL และ LCL สำหรับแผนควบคุม x ได้ดังนี้

$UCL_x = X + A_2R_6$

$= 0.0553 + (0.577 \times 0.0046) = 0.0579542$

$CL_x = 0.0553$

$LCL = X - A_2R_6$

= 0.0553 - (0.577x0.0046) = 0.0526458

ในกรณีนี้พบว่า จำนวน X ที่ได้ออกนอกพิกัดควบคุมมาก แสดงว่า ระบบการวัดสามารถประเมินความแปรผันของกระบวนการ โดยที่ R_P = 0.070966 - 0.044196 = 0.02677

ดังนั้น PV = 5.15 R_P / d_2

ในที่นี้ได้ค่า d_2 = 1.906 (จากตารางที่ 1 ภาคผนวก ค.)

ได้ PV = 5.15 x (0.02677/1.906) = 0.072332

และ TV = $\sqrt{0.072332^2 + 0.013993^2}$

= 0.073673

<u>การประเมินผลระบบการวัด</u>

จากสมการ P/TV = (GR&R/ความผันแปรของกระบวนการ)x100%

จะได้ผลว่า P/TV = (0.013993/0.073673) x 100% = 18.99339 %

หมายความว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100% แล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 18.99339 %

ดังนั้นจากเกณฑ์แห่งการยอมรับ จะพบว่าระบบการวัดสามารถยอมรับได้แต่ควรปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข. 1

ข้อมูลบันทึกปริมาณการทดสอบซ้ำ และรายงาน
ประจำเดือนก่อนการประยุกต์ระบบ

ภาคผนวก ข. 2

ข้อมูลบันทึกปริมาณการทดสอบซ้ำ และรายงาน
ประจำเดือนหลังการประยุกต์ระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข. 1

ข้อมูลบันทึกปริมาณการทดสอบซ้ำ และรายงานประจำเดือนก่อนการประยุกต์ระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Date	Retest reason	Order item	Datail of retest coil				Result		Weight	Sr. Dup.
			Coil No.	Heat No	Internal Quality	Norm	OK	NC	Tons	
9/05/02	OVER TENSILE	4531161671/6	1051 30287	196 6932	[illegible]	30490		✓	12.34	
9/05/02	Lower tensile	4531161671/6	2304306663	225 7589	CS185	SG325		✓	9.89	
9/05/02	Lower tensile	4531161671/6	2304306665	225 7589	CS185	SG325	✓		9.94	
9/05/02	Lower tensile	4531161671/6	2304306671	225 7589	CS185	SG325		✓	10.94	
13/05/02	LOWER TENSILE	4531161671/6	2304306721	P 21 5890	CS185 [illegible]	SG-H plex		✓	9.0	
13/05/02	LOWER TENSILE	4531161671/6	2304306749	P 21 5890	CS185 [illegible]	SG-H plex		✓	9.1	

Total 6 Coil 70.02 Tons.

COIL RETEST REPORT

Date	Retest reason	Order item	Detail of retest coil				Result		Weight	Sign
			Coil No.	Heat No.	Internal Quality	Norm	OK	NC	Tons	
2/09/02	Slab Zn	48211269-28	2386C90121	H 316E84	C06256	HR. Plo		✓	10.61	
3/09/02	LOWER CHEMICAL	48211334/1	23306 0213	F353200	CS120	SS400		✓	9.58	
3/09/02	LOWER CHEMICAL	48211264/1	23306 0216	F353200	CS120	SS400		✓	9.78	
3/09/02	LOWER CHEMICAL	48211334/1	23306 0233	F353314	CS120	SS400		✓	9.17	
3/09/02	LOWER CHEMICAL	48211334/1	23306 0235	F353314	CS120	SS400		✓	9.9	
21/09/02	Lower /E	48211113-4	1233437011	SF 02619	CS011	HR3 Plo	✓		9.2	
21/09/02	Lower /E	48211113-4	1233437011	SF 02619	CS011	HR3 Plo	✓		8.00	
23/09/02	LOWER TENSILE	48211339/1	23304 0301	3353010	CS100	SS400		✓	20.20	
23/09/02	LOWER TENSILE	11842082/02	23134 0511	1D40201	CG104	SS400		✓	8.80	

Total 9 Coil 105.15 Tons.

207

DATE : 28 SEP. 1998

BS/HTF/MOC/EB/OP/04

MONTHLY REPORT

NO. 08

AUGUST 2002

METALLURGY AND QUALITY CONTROL DEPARTMENT

LABORATORY

- OUR LABORATORY WAS EXECUTED 646 TENSILE TEST, 428 BEND TEST AND 646 TEST CHEMICAL COMPOSITION.
- IN THIS MONTH, THE RETEST IS 6 COILS, 70.02 MT THAT OUT OF STANDARD ON MECHANICAL PROPERTY.
- FOR THE WATER ANALYSIS, THE DETAIL OF OUT OF CONTROL ARE AS FOLLOWING :
    - AT MAKE UP WATER, THE OUT OF CONTROLS ARE DISSOLVED SOLID, CHLORIDE, CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND LANGILIER INDEX.
    - AT FURNACE, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE AND PHOSPHATE.
    - AT DIRECT COOLING, THE OUT OF CONTROLS ARE SYSTEM MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE, PHOSPHATE AND OIL & GREASE.
    - AT INDIRECT COOLING SYSTEM, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND PHOSPHATE.

MONTHLY REPORT

NO. 09

SEPTEMBER 2002

METALLURGY AND QUALITY CONTROL DEPARTMENT

LABORATORY

- OUR LABORATORY WAS EXECUTED 249 TENSILE TEST, 249 BEND TEST AND 249 TEST CHEMICAL COMPOSITION.
- IN THIS MONTH, THE RETEST IS 9 COILS, 105.15 MT THAT OUT OF STANDARD ON MECHANICAL PROPERTY.
- FOR THE WATER ANALYSIS, THE DETAIL OF OUT OF CONTROL ARE AS FOLLOWING :
    - AT MAKE UP WATER, THE OUT OF CONTROLS ARE DISSOLVED SOLID, CHLORIDE, CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND LANGILIER INDEX.
    - AT FURNACE, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE AND PHOSPHATE.
    - AT DIRECT COOLING, THE OUT OF CONTROLS ARE SYSTEM MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE, PHOSPHATE AND OIL & GREASE.
    - AT INDIRECT COOLING SYSTEM, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND PHOSPHATE.

ภาคผนวก ข. 2

ข้อมูลบันทึกปริมาณการทดสอบซ้ำ และรายงานประจำเดือนหลังการประยุกต์ระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Date	Retest reason	Order item	Datail of retest coil				Result		Weight	Sr. Sup.
			Coil No.	Heat No.	Internal Quality	Norm	OK	NC	Tons	
2/10/02	OVER TENSILE	4811639C/5	233460233	P272384	CS 124	HR1		✓	9.10	
2/10/02	OVER TENSILE	4811639C/5	233460235	P272384	CS 124	HR1		✓	9.90	
14/10/02	LOWER T.E	4821127216	237370253	2214356	CS 022	HR2 P/O	✓		9.20	
14/10/02	LOWER T.E	4821127216	237370255	2214356	CS 022	HR2 P/O	✓		9.20	

Total 4 Coil 37.4 Tons.

COIL RETEST REPORT

Date	Retest reason	Order item	Datail of retest coil				Result		Weight	Sr. Sup.
			Coil No.	Heat No.	Internal Quality	Norm	OK	NC	Tons	
8/11/02	Overchemical	48116450/1	242300133	5052389	C 188	SM 490A		✓	9.28	
8/11/02	Over chemical	48126450/1	242300135	5052389	C 188	SM 490A		✓	9.23	
16/11/02	OVER CHEMICAL	48116271/11	246020838	6183944	C 185	SS400		✓	11.95	
25/11/02	Lower Y.E	48120867/23	246270231	11B3396	CNW086	SS490	✓		12.39	
25/11/02	Lower Y.E	48116430/15	248060241	B222651	C12A	TISSS400	✓		20.57	

Total 5 Coil 63.42 Tons.

211

Date	Retest reason	Order item	Datail of retest coil				Result		Weight	St. Sup.
			Coil No.	Heat No.	Internal Quality	Norm	OK	NC	Tons	
4/12/02	LOWER Y.E	4811620867/2	246270911	11B128	CN1013	TIS SS490	✓		11.18	
12/12/02	OVER TENSILE	4811643016	247380113	N242087	C154	TIS SS400		✓	10.25	
13/12/02	OVER TENSILE	4811645552	250150281	B037183	C032	TIS SPHT-1		✓	19.26	
14/12/02	LOWER Y.E	4811644914	249190181	PP43502	C104	TIS SS400		✓	19.70	
23/12/02	LOWER Y.E	4811656711	251010641	6323402	C165	TIS SS400		✓	21.49	
21/12/02	LOW T.E	4811620879/2	25907007	Bd 45101	C154	TIS SS400	✓		19.50	
22/12/02	LOW T.E	4811644914	249310061	N227653	C124	TIS SS400		✓	20.80	
24/12/02	OVER TENSILE	4811646217	250170351	6322884	CW082	HR1		✓	22.30	
26/12/02	LOWER TENSILE	4811649715	252050121	5063053	CG124	TIS SS400		✓	22.15	
26/12/02	LOWER Y.E	4811620875/10	251350991	12A3166	CN0811	TIS SS490		✓	10.63	

Total 10 Coil 177.88 Tons.

212

DATE : 28 SEP. 1998

BSM1/F/MOC/LB/QP/04

MONTHLY REPORT
NO. 10
OCTOBER 2002

METALLURGY AND QUALITY CONTROL DEPARTMENT

LABORATORY

- OUR LABORATORY WAS EXECUTED 614 TENSILE TEST, 309 BEND TEST AND 614 TEST CHEMICAL COMPOSITION.
- IN THIS MONTH, THE RETEST IS 4 COILS, 37.9 MT THAT OUT OF STANDARD ON MECHANICAL PROPERTY.
- FOR THE WATER ANALYSIS, THE DETAIL OF OUT OF CONTROL ARE AS FOLLOWING :
    - AT MAKE UP WATER, THE OUT OF CONTROLS ARE DISSOLVED SOLID, CHLORIDE, CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND LANGILIER INDEX.
    - AT FURNACE, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE AND PHOSPHATE.
    - AT DIRECT COOLING, THE OUT OF CONTROLS ARE SYSTEM MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE, PHOSPHATE AND OIL & GREASE.
    - AT INDIRECT COOLING SYSTEM, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND PHOSPHATE.

MONTHLY REPORT
NO. 11
NOVEMBER 2002

METALLURGY AND QUALITY CONTROL DEPARTMENT

LABORATORY

- OUR LABORATORY WAS EXECUTED 468 TENSILE TEST, 327 BEND TEST AND 468 TEST CHEMICAL COMPOSITION.
- IN THIS MONTH, THE RETEST IS 5 COILS, 63.42 MT THAT OUT OF STANDARD ON MECHANICAL PROPERTY.
- FOR THE WATER ANALYSIS, THE DETAIL OF OUT OF CONTROL ARE AS FOLLOWING :
    - AT MAKE UP WATER, THE OUT OF CONTROLS ARE DISSOLVED SOLID, CHLORIDE, CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND LANGILIER INDEX.
    - AT FURNACE, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE AND PHOSPHATE.
    - AT DIRECT COOLING, THE OUT OF CONTROLS ARE SYSTEM MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE, PHOSPHATE AND OIL & GREASE.
    - AT INDIRECT COOLING SYSTEM, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND PHOSPHATE.

MONTHLY REPORT

NO. 12

DECEMBER 2002

METALLURGY AND QUALITY CONTROL DEPARTMENT

LABORATORY

- OUR LABORATORY WAS EXECUTED 432 TENSILE TEST, 358 BEND TEST AND 432 TEST CHEMICAL COMPOSITION.
- IN THIS MONTH, THE RETEST IS 10 COILS, 177.26 MT THAT OUT OF STANDARD ON MECHANICAL PROPERTY.
- FOR THE WATER ANALYSIS, THE DETAIL OF OUT OF CONTROL ARE AS FOLLOWING :
    - AT MAKE UP WATER, THE OUT OF CONTROLS ARE DISSOLVED SOLID, CHLORIDE, CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND LANGILIER INDEX.
    - AT FURNACE, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE AND PHOSPHATE.
    - AT DIRECT COOLING, THE OUT OF CONTROLS ARE SYSTEM MAGNESIUM HARDNESS, CHLORIDE, SULPHATE, PHOSPHATE AND OIL & GREASE.
    - AT INDIRECT COOLING SYSTEM, THE OUT OF CONTROLS ARE CALCIUM HARDNESS, MAGNESIUM HARDNESS AND PHOSPHATE.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ตารางทางสถิติสำหรับประกอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1* ค่า d2 *สำหรับการประมาณค่า σ โดย $\overline{R}$

k = จำนวนกลุ่มย่อยที่ใช้คำนวณ $\overline{R}$ v = องศาความอิสระของ $\overline{R}$

n = ขนาดของกลุ่มย่อย d_2 = พิกัดของ d_2

d_2^* = ตัวปรับค่าความเอนเอียงสำหรับ $\overline{R}$

Δv = ส่วนเพิ่มขององศาความอิสระต่อกลุ่มย่อยที่เพิ่มขึ้น

	n = 2		n = 3		n = 4		n = 5		n = 6	
k	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*
1	1.0	1.414	2.0	1.906	2.9	2.237	3.8	2.477	4.7	2.669
2	1.9	1.276	3.8	1.806	5.7	2.149	7.5	2.404	9.2	2.603
3	2.9	1.227	5.7	1.767	8.4	2.120	11.1	2.378	13.6	2.580
4	3.7	1.206	7.5	1.749	11.2	2.105	14.7	2.365	18.1	2.569
5	4.6	1.189	9.3	1.738	13.9	2.096	18.4	2.358	22.6	2.562
6	5.5	1.179	11.1	1.731	16.6	2.090	22.0	2.352	27.1	2.557
7	6.4	1.172	12.9	1.726	19.4	2.086	25.6	2.349	31.5	2.554
8	7.2	1.167	14.8	1.722	22.1	2.082	29.3	2.346	36.0	2.552
9	8.1	1.163	16.6	1.718	24.8	2.080	32.9	2.344	40.5	2.550
10	9.0	0.159	18.4	1.716	27.6	2.078	36.5	2.342	44.9	2.548
11	9.9	1.157	20.2	1.714	30.3	2.076	40.1	2.341	49.4	2.547
12	10.8	1.154	22.1	1.712	33.0	2.075	43.7	2.339	53.8	2.546
13	11.6	1.152	23.9	1.711	35.8	2.073	47.4	2.338	58.4	2.545
14	12.5	1.151	25.7	1.709	38.5	2.072	51.0	2.337	62.8	2.544
15	13.4	1.149	27.5	1.708	41.3	2.071	54.6	2.337	67.3	2.543
16	14.2	1.148	29.3	1.707	44.0	2.071	58.2	2.336	71.7	2.543
17	15.1	1.147	31.1	1.707	46.8	2.070	61.8	2.335	76.2	2.542
18	16.0	1.145	33.0	1.706	49.5	2.069	65.5	2.335	80.6	2.542
19	16.9	1.145	34.8	1.705	52.3	2.069	69.1	2.334	85.1	2.541
20	17.7	1.144	36.6	1.705	55.0	2.068	72.7	2.334	89.6	2.541
21	18.6	1.143	38.4	1.704	57.7	2.068	76.3	2.333	94.0	2.541
22	19.5	1.143	40.2	1.704	60.5	2.068	80.0	2.333	98.5	2.540
23	20.4	1.142	42.1	1.703	63.2	2.067	83.6	2.333	103.0	2.540
24	21.2	1.141	43.9	1.703	65.9	2.067	87.2	2.333	107.4	2.540
25	22.1	1.141	45.7	1.702	68.7	2.066	90.8	2.332	111.9	2.540
Δv	*0.58*		*1.82*		*2.74*		*3.62*		*4.47*	
d_2		*1.128*		*1.693*		*2.059*		*2.326*		*2.534*

$$d_2^* = d_2 + \frac{d_2}{\Delta v}$$

ตารางที่ 2 ค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุมแบบผันแปร

ขนาดกลุ่มย่อย	แผนภูมิ $\overline{X}$ - R			แผนภูมิ $\overline{X}$ - S		
n	A_2	D_3	D_4	A_3	B_3	B_4
2	1.880	-	3.267	2.659	-	3.267
3	1.023	-	2.574	1.954	-	2.568
4	0.729	-	2.282	1.628	-	2.266
5	0.577	-	2.114	1.427	-	2.089
6	0.483	-	2.004	1.287	0.030	1.970
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.852
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815
9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761
10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716
11	0.285	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679
12	0.266	0.284	1.716	0.886	0.354	1.646
13	0.249	0.308	1.692	0.850	0.382	1.618
14	0.235	0.329	1.671	0.817	0.406	1.594
15	0.223	0.348	1.652	0.789	0.428	1.572
16	0.212	0.364	1.636	0.763	0.448	1.552
17	0.203	0.379	1.621	0.739	0.466	1.534
18	0.194	0.392	1.608	0.718	0.482	1.518
19	0.187	0.404	1.596	0.698	0.497	1.503
20	0.180	0.414	1.586	0.680	0.510	1.490
21	0.173	0.425	1.575	0.663	0.523	1.477
22	0.167	0.434	1.566	0.647	0.534	1.466
23	0.162	0.443	1.557	0.633	0.545	1.455
24	0.157	0.452	1.548	0.619	0.555	1.445
25	0.153	0.459	1.541	0.606	0.565	1.435
สูตรคำนวณ	$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$ $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$ $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}$ $UCL_{\overline{R}} = D_4\overline{R}$ $CL_{\overline{R}} = \overline{R}$ $LCL_{\overline{R}} = D_3\overline{R}$			$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_3\overline{S}$ $CL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}}$ $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_3\overline{S}$ $UCL_{\overline{S}} = B_4\overline{S}$ $CL_{\overline{S}} = \overline{S}$ $LCL_{\overline{S}} = B_3\overline{S}$		

ตารางที่ 3 * แฟกเตอร์ปรับค่าแบบไม่เอนเอียงในการประมาณค่า σ

ขนาดกลุ่มย่อย	D_2	c_2	c_4	ขนาดกลุ่มย่อย	d_2	c_2	c_4
2	1.128	0.5642	.7979	21	3.778	0.9638	.9876
3	1.693	0.7236	.8862	22	3.819	0.9655	.9882
4	2.059	0.7979	.9213	23	3.858	0.9670	.9887
5	2.326	0.8407	.9400	24	3.895	0.9684	.9892
6	2.534	0.8686	.9515	25	3.931	0.9695	.9896
7	2.704	0.8882	.9594	30	4.086	0.9748	.9915
8	2.847	0.9027	.9650	35	4.213	0.9784	.9927
9	2.970	0.9139	.9693	40	4.322	0.9811	.9936
10	3.078	0.9227	.9727	45	4.415	0.9832	.9943
11	3.173	0.9300	.9754	50	4.498	0.9849	.9949
12	3.258	0.9359	.9776	60	4.639	0.9874	.9957
13	3.336	0.9410	.9794	70	4.755	0.9892	.9963
14	3.407	0.9453	.9810	80	4.854	0.9906	.9968
15	3.472	0.9490	.9823	90	4.939	0.9916	.9972
16	3.532	0.9523	.9835	100	5.015	0.9925	.9975
17	3.588	0.9551	.9845				
18	3.640	0.9576	.9854				
19	3.689	0.9599	.9862				
20	3.735	0.9619	.9869				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แฟกเตอร์ปรับค่า d2, c2, c4 ข้างบนนี้ ใช้สำหรับปรับค่าเพื่อไม่ให้เกิดความเอนเอียงสำหรับการประมาณค่า σ โดยใช้ตัวสถิติพิสัย รากที่สองของความเบี่ยงเบนกำลังสองโดยเฉลี่ย (RMS) และความเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยลำดับ

ภาคผนวก ง.

ภาคผนวก ง. 1

คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี

(Optical Emission Spectrometer) ARL 2460

ภาคผนวก ง. 2

คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

(Universal Testing Machine, RMU)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง. 3

คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

(Universal Testing Machine, Zwick)

ภาคผนวก ง. 1

คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี

(Optical Emission Spectrometer) ARL 2460

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่อง คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี Optical Emission Spectrometer , ARL 2460	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 1 / 7

วิธีการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานทดสอบ

1. ข้อควรระวัง ใส่ถุงมือ, ที่ครอบจมูก,แว่นตา เพื่อป้องกันผงเหล็ก
2. นำชิ้นงานขนาด (100 x 35 mm)
3. วางชิ้นงานลงบนแท่นวางของเครื่อง GRINDIND MACHINE ขนาด 80 grit ล็อคให้แน่น ขัดผิวหน้าออก (จนไม่เห็น OXIDE สีดำ)
4. ทำให้แห้ง (เป่าด้วยลม หรือ เช็ดด้วยผ้า)
5. ขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทราย (กระดาษทรายเบอร์ 120) โดยขัดตั้งฉากกับทิศทางการขัด ในข้อ 3. จนผิวเรียบเป็นเนื้อเดียวกันให้ได้พื้นที่ครึ่งหนึ่งของชิ้นงาน โดยประมาณ (มากพอสำหรับ SPARK)
6. นำชิ้นงานทดสอบที่เตรียมเสร็จแล้ววางบนภาชนะสำหรับวางชิ้นงาน (ห้ามสัมผัสบนผิวหน้าของชิ้นงานเด็ดขาด เพราะจะทำให้ผิวหน้าของชิ้นงานสกปรก เพราะจะมีผลต่อการทดสอบ)

NOTE

- ชิ้นงานที่ผ่านการเตรียมผิวเสร็จแล้ว ควรที่จะทำการทดลองทันที หลังจากการเตรียมชิ้น
- ชิ้นงานที่เตรียมต้องเป็นระนาบเดียวกัน เพื่อป้องกันการเล็ดลอดของรังสี

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เปิดเครื่อง O.E.S. (ปกติเปิดเครื่องตลอดเวลา)
2. เปิด GAS ARGON ที่ระดับความดัน 3.5 BAR (ปกติเปิดตลอดเวลา) ทำการปรับ Vacuum Pump ให้มีระดับความดัน 25 ≤ m Um Hg
3. เปิดเครื่อง COMPUTER และ PRINTER
4. พิมพ์ DATE กด ENTER พิมพ์ MM/DATE/YEAR กด ENTER
5. พิมพ์ TIME กด ENTER พิมพ์ TIME กด ENTER
6. พิมพ์ IMPLUS กด ENTER
7. เลือก MENU CONCENTRATION ดังแสดงในรูปที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1

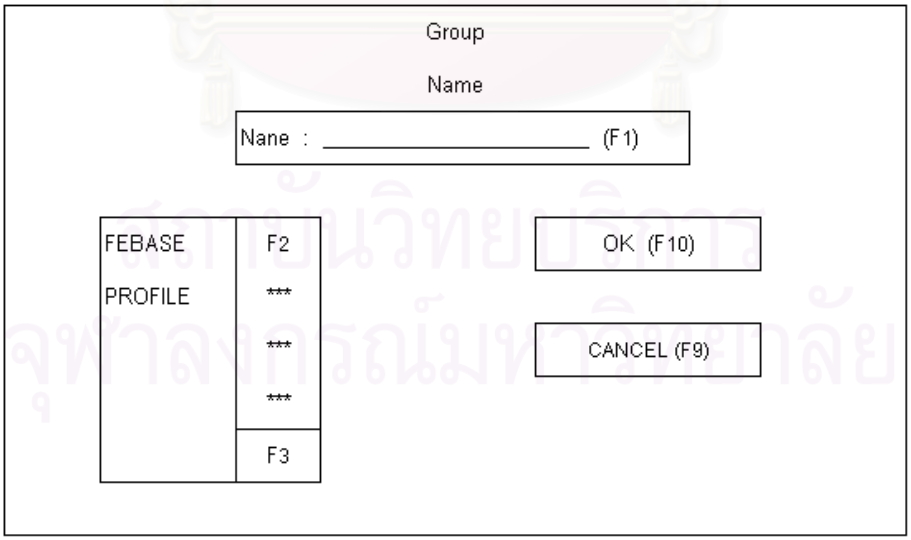
Setup	Drift	Intensity	Calibration	Concentration	Precision	System

8. เลือก SAMPLE ANALYSIS กด ENTER ดังแสดงในรูปที่ 2

Setup	Drift	Intensity	Calibration	Concentration	Precision	System
				Sample Analysis		
				Update Type Standard		
				Retrieve Result File		

รูปที่ 2

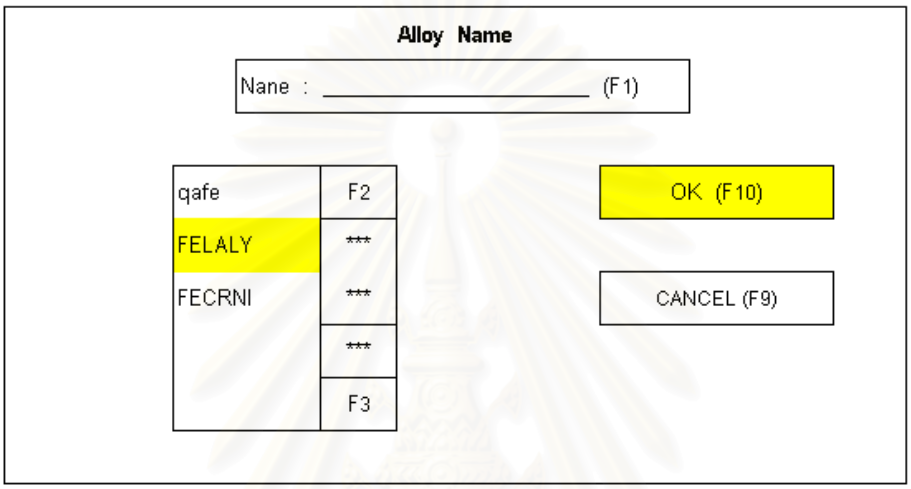
9. เลือก FEBASE กด F3 และ F10 ดังแสดงในรูปที่ 3 (หัวข้อ FEBASE แสดงถึงการทดสอบเหล็กทั่ว ๆ ไป)



เรื่อง คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี Optical Emission Spectrometer , ARL 2460	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 3 / 7

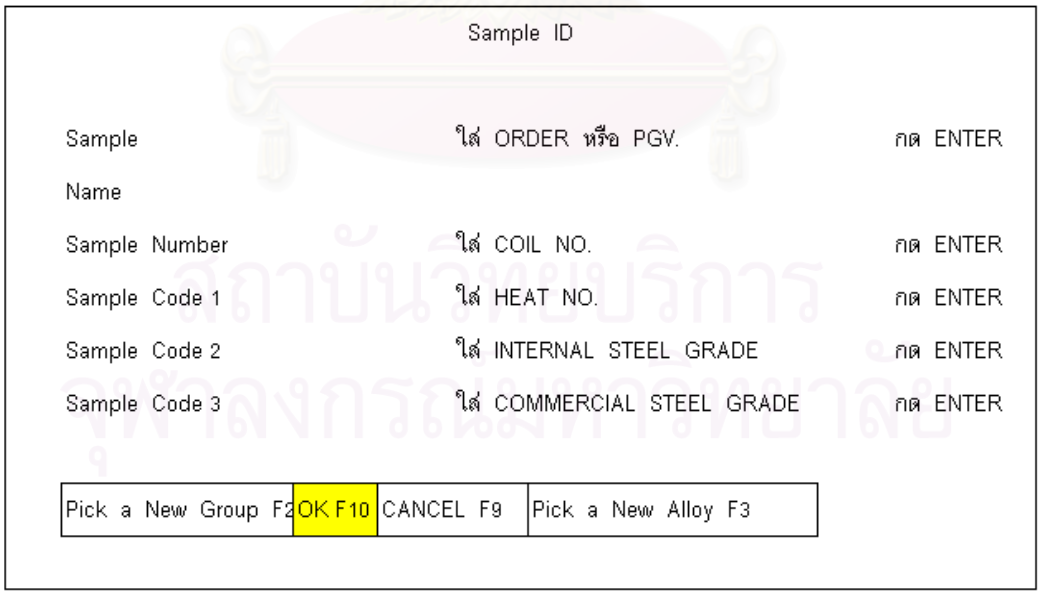
รูปที่ 3

10. เลือก FELALY กด F3 และ F10 ดังแสดงในรูปที่ 4 (หัวข้อ FELALY แสดงถึงการทดสอบเหล็กกลุ่มที่เป็น Stainless Steel)



รูปที่ 4

11. พิมพ์ข้อมูลลงในช่องว่า ดังแสดงในรูปที่ 5



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่อง คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี Optical Emission Spectrometer , ARL 2460	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 4 / 7

รูปที่ 5

กด F_{10} เปิดฝาครอบนำชิ้นงานทดสอบวางปิดรู SPARK ให้สนิท ควรวางชิดไปด้านในของเครื่องทดสอบ (ไม่ควรวางกึ่งกลางหรือชิดออกมาทางผู้ทดสอบ เนื่องจากจะมีผลต่อการไหลเวียนของก๊าซ อาร์กอนได้) กดทับด้วยแท่งเหล็กปิดฝาครอบ ดังแสดงในรูปที่ 6

Sample ID :							
C2	Si1	S	P1	Mn3	Ni2	Cr1	Mo2
V3	Cu5	Ti4	As2	Al7	B1	Nb	Fe4
			Message : Please run sample				
		Group Name L FEBASE		Alloy Name : FELALY			

รูปที่ 6

NOTE 1. ก่อนการทดสอบ ให้ทำการปรับหัวของ Electrode ให้ทำมุม 90 องศา

2. ทำการวางชิ้นงานให้ห่างจากหัวของ Electrode เป็นระยะห่าง 3 มิลลิเมตร ± 0.1 มิลลิเมตร

13. กด START ครั้งที่1 (ปุ่มสีเขียว) รอจนเครื่องหยุดการ SPARK หน้าจอ SHOW คำว่า " PLEASE RUN SAMPLE " ดังแสดงในรูปที่ 7

Sample ID :							
C2	Si1	S	P1	Mn3	Ni2	Cr1	Mo2
0.4992	0.2116	0.0048	0.0167	0.7727	0.0149	0.0464	0.0064
V3	Cu5	Ti4	As2	Al7	B1	Nb	Fe4
0	0.0019	0.0184	0.0027	0.0097	0.0002	0.0009	.2487
			Message : Please run sample				
		Group Name L FEBASE		Alloy Name : FELALY			

เรื่อง คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี Optical Emission Spectrometer , ARL 2460	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 5 / 7

รูปที่ 7

14. เปิดฝาครอบออกยกแท่งเหล็กน้ำชิ้นงานออกมาแล้วใช้แปรงขัดหัว Electrode เช็ดด้วยกระดาษทิชชู น้ำชิ้นงาน (วางเหมือน ข้อ 13. แต่ตำแหน่ง ไม่ทับกันกับบริเวณรอย spark เดิม ยกแท่งเหล็กทับชิ้นงาน ปิดฝาครอบ)

15. กด START ครั้งที่ 2 รอจนเครื่องหยุดการ SPARK หน้าจอ SHOW คำว่า " PLEASE RUN SAMPLE " ดังแสดงในรูปที่ 8

Sample ID :

C2	Si1	S	P1	Mn3	Ni2	Cr1	Mo2
0.4992	0.2116	0.0048	0.0167	0.7727	0.0149	0.0464	0.0064
0.4745	0.2142	0.0045	0.0183	0.07541	0.0175	0.0449	0.0071
V3	Cu5	Ti4	As2	Al7	B1	Nb	Fe4
0	0.0019	0.0184	0.0027	0.0097	0.0002	0.0009	95.2487
0	0.0026	0.0173	0.0034	0.01	0.0003	0.001	95.4735

Impact + Message : Another RUN

OK F10 | CANCEL F9

รูปที่ 8

16. เมื่อทดสอบครบ 2 ครั้ง (ปกติจะทดสอบ 2 ครั้ง แต่สามารถทดสอบได้ ไม่เกิน 5 ครั้ง)

- ถ้าต้องการทดสอบ ครั้งที่ 3,4,5, ให้ทำเหมือนข้อ 14 กด F10 แล้วกด START
- ถ้าไม่ต้องการทดสอบให้กด F9 จะขึ้นหน้าจอดังแสดงในรูปที่ 9

Sample ID :

Average List Pick Box

Pick to Omit Run

Page 1 of 1

1

2

3

OK F10

Cancel F9

Hide F4

NOTE ส่วนที่เลือกที่จะใช้ค่าส่วนผสมทางเคมี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่อง คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี Optical Emission Spectrometer , ARL 2460	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 6 / 7

รูปที่ 9

17. การ PRINT ผลการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 10

- ทดสอบ 2-4 ครั้ง เลือกผลการทดสอบทั้งหมด กด F_{10} ถ้าไม่เลือกทั้งหมดให้กด ลูกศร ↓ ไปที่ผลการทดสอบที่ไม่ต้องการแล้ว กด SPACE BAR เมื่อได้ค่าตามที่ต้องการแล้ว กด F_{10}
- ทดลอง 5 ครั้ง เลือกผลการทดลองทั้งหมด กด F_{10} ถ้าเลือกผลการทดสอบบางครั้งให้กด ↓ ไปที่ผลการทดสอบที่ไม่ต้องการแล้ว กด SPACE BAR เมื่อได้ค่าตามที่ต้องการแล้ว กด F10

Sample ID :

C2	Si1	S	P1	Mn3	Ni2	Cr1
0.4868	0.2106	0.0047	0.0173	0.7713	0.0148	0.0462
V3	Cu5	Ti4	As2	Al7	B1	Nb
0	0.0183	0.0026	0.0018	0.0006	0.0101	0.0001

รูปที่ 10

18. การเก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 11-12

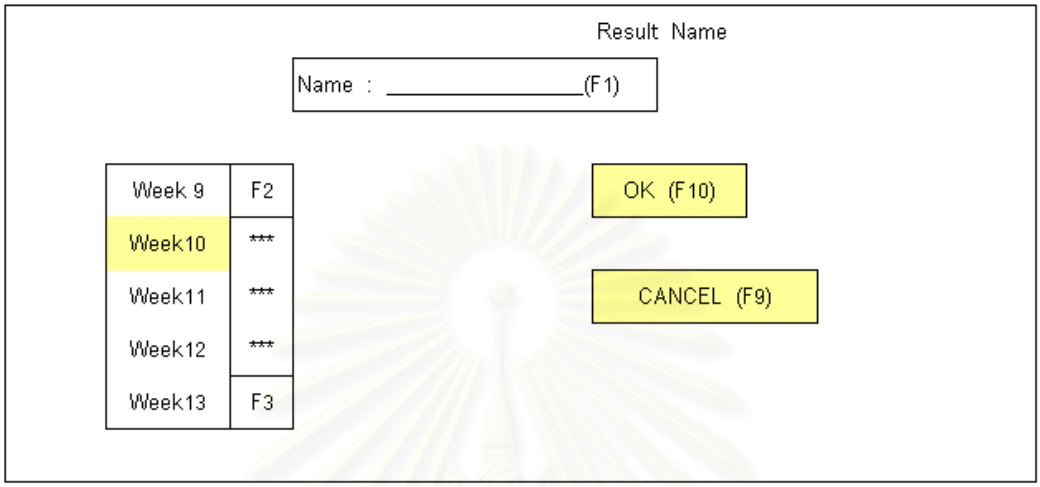
- ในกรณีที่เป็นชิ้นงานทดสอบ ชิ้นที่ 1 ของสัปดาห์จะต้องเปิด FILE ใหม่ ให้กด F_3 พิมพ์ WEEK _ _ (ตามด้วยตัวเลขที่แสดงว่าเป็นสัปดาห์ที่เท่าไหร่ของปี ตามด้วยอักษร A, B หรือ C เป็นต้น) กด F10
- ในกรณีที่ FILE เปิดอยู่แล้วกด F_{10} แล้วทำการ กด F_3 เพื่อ หา FILE ที่เปิดอยู่แล้ว กด F10 พอทดสอบชิ้นที่ 2 ขึ้นไปให้ กด F_{10} อย่างเดียว

Sample ID :

C2	Si1	S	P1	Mn3	Ni2	Cr1	Mo2
0.4992	0.2116	0.0048	0.0167	0.7727	0.0149	0.0464	0.0064
0.4745	0.2142	0.0045	0.0183	0.07541	0.0175	0.0449	0.0071
0.4868	0.2106	0.0047	0.7713	0.0148	0.0148	0.0462	0.0062
V3	Cu5	Ti4	As2	Al7	B1	Nb	Fe4
0	0.0019	0.0184	0.0027	0.0097	0.0002	0.0009	95.2487
0	0.0026	0.0173	0.0034	0.0087	0.0003	0.001	95.4735
0	0.0183	0.0026	0.0018	0.0007	0.0003	0.001	95.3317

Impact + Message : Another RUN		
OK F10	OPEN F3	CANCEL F9

เรื่อง คู่มือการใช้เครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี Optical Emission Spectrometer , ARL 2460	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 7 / 7



รูปที่ 12

19. การปิดเครื่อง

- นำชิ้นงานออกแล้วทำความสะอาดผิวของ ELECTRODE และแท่นวางชิ้นงาน ปิดรู SPARK กดทับด้วยแท่งเหล็กปิดฝาครอบ
- กด F9 เลือก MENU System กดลูกศรลง ↓ มาที่ EXIT กด ENTER
- ปิดเครื่อง COMPUTER และ PRINTER

NOTE

- ก่อนที่จะทำการทดสอบชิ้นส่วนตัวอย่างที่ตัดออกมาจาก COIL ต้องทำการทดสอบเครื่องกับ Internal Standard ก่อน ถ้าส่วนผสมทางเคมีของ Internal Standard ที่เครื่องอ่านได้มีค่าตรงกับผลรายงานการทดสอบที่ทำการบันทึกไว้ (อยู่ในขอบเขตที่สามารถยอมรับได้) สามารถทำการทดสอบกับชิ้นตัวอย่างได้เลย แต่ถ้าค่าส่วนผสมทางเคมีที่อ่านได้จากเครื่องมีค่าเกินกว่าค่าที่สามารถยอมรับได้ ให้ทำการ Calibration โดยวิธี Drift CORRECTION จนได้ค่าที่ถูกต้องก่อนแล้วจึงทำการทดสอบกับชิ้นงานตัวอย่าง
- ควรติดตั้งเครื่อง O.E.S. ให้ห่างจากแหล่งกำเนิดแสง อย่างน้อย 2 เมตร เพื่อป้องกันผลกระทบต่อการทดสอบ ซึ่งเกิดจากรังสีอัลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet)

ภาคผนวก ง. 2

คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

(Universal Testing Machine, RMU)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง Universal Testing Machine , RMU	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 1 / 6

วิธีการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เปิด Switch หลักที่ด้านหลังเครื่อง RMU

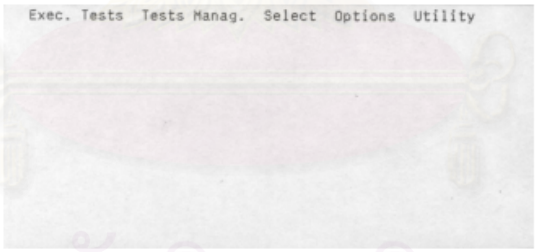
2. เปิด Switch ของเครื่องบริเวณด้านหลังตู้ Computer

3. รอเครื่องโหลด เมื่อเครื่องบอกให้ใส่ เวลา วันที่ ให้กด ปุ่ม Enter 2 ครั้ง เพื่อเข้าสู่ Logo Program ดังรูป 1

รูปที่1

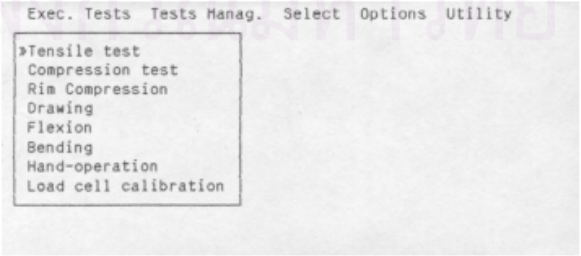
4. เข้าสู่ Program โดยการกด Enter หน้าจอจะแสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2



5. กด Alt เพื่อเลือกแถบคำสั่ง จากนั้นเลือกคำสั่ง Exec. โดยการกด ◄ , ► แล้วเลือกคำสั่งนั้นโดยกด **Enter** ดังรูปที่ 3

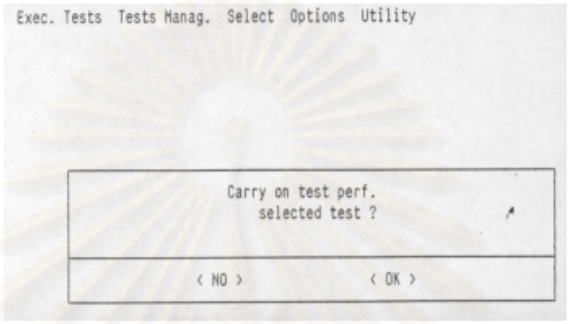
รูปที่ 3



เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง Universal Testing Machine , RMU	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 2 / 6

6. เมื่อเลือกคำสั่ง Exec แล้วจะปรากฏ คำสั่งย่อยอีก ให้เลือกคำสั่ง Tensile test โดยกด ↑ ,↓ เลือก แล้วกด Enter หน้าจอจะปรากฏ ดังรูปที่ 4

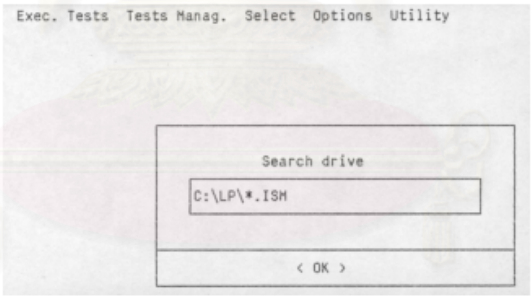
รูปที่ 4



7. จากนั้น ให้เลือก OK โดยการกด Tab ให้แถบสีขึ้น แล้วกด ← ,→ เลือกไปที่คำว่า OK แล้วกด Enter

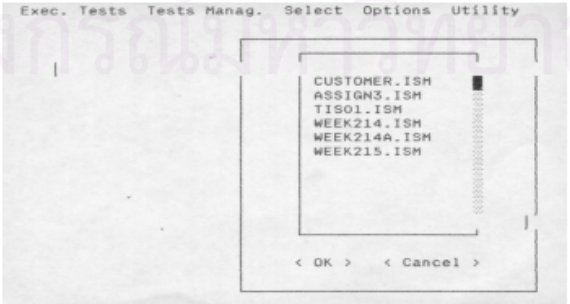
8. เมื่อหน้าจอปรากกฏดังรูปที่ 5 ให้กด Enter

รูปที่ 5



9. ทำการเลือก File Name ที่ ใช้โดยการกด Tab ให้แถบสีขึ้นที่ File Name แล้วกด ↑ ↓ เพื่อเลือกดังรูปที่ 6 ทำการยืนยัน File Name โดยกด Tab ให้แถบสีไปขึ้นที่คำว่า OK จากนั้นกด Enter

รูปที่ 6

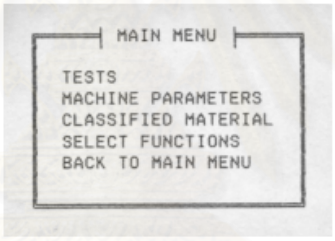


เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง Universal Testing Machine , RMU	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 3 / 6

10. ทำการยืนยัน File Name อีกครั้งโดยกด Enter ดังรูป 7

รูปที่ 7

11. จากนั้นจะเข้ามาสู่หน้าจอของ Main Menu ดังรูป 8



รูปที่ 8

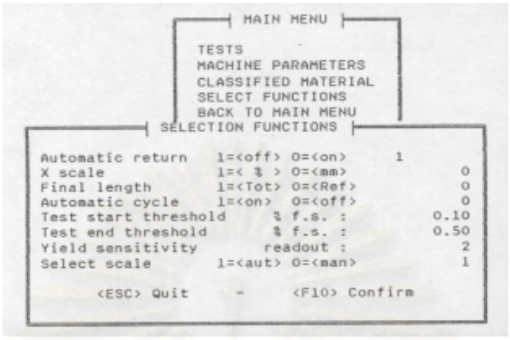
12. เลือกไปที่คำสั่ง Select Function โดยกด ↑ , ↓ เพื่อเลือกแล้วกด Enter หน้าจอจะปรากฏดังรูป 9 ให้ทำการป้อนค่าต่างๆ ดังนี้

- ค่า Test start threshold ซึ่งเป็นค่าที่ใส่เพื่อป้องกันการลื่นไถล (Skidding) ของตัวจับ (Jaws) โดยให้ใส่เป็นค่ามาตราฐานที่ค่า 0.1
- ค่า Test end threshold ซึ่งเป็นค่าที่ใส่เพื่อให้เครื่องสามารถหยุดได้เองหลังจากที่ชิ้นงานแตกแล้ว โดยค่าที่ใส่จะขึ้นกับความหนาของชิ้นงานทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง Universal Testing Machine , RMU	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 4 / 6

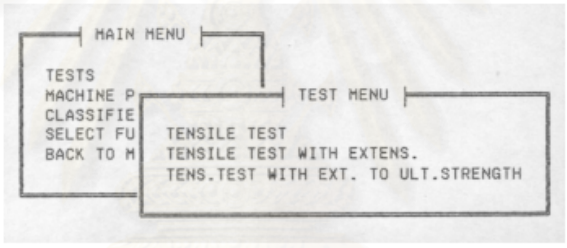
รูปที่ 9



เมื่อทำการป้อนค่าเสร็จแล้วให้กด F10 เพื่อยืนยันการป้อนข้อมูล

13. จากนั้นหน้าจอจะกลับมาสู่ Main Menu อีกครั้ง ให้เลือกคำสั่ง Test หน้าจอจะเป็นดังรูป 10

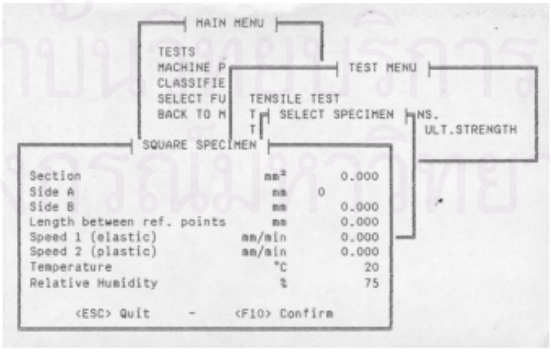
รูปที่ 10



14. เลือกคำสั่ง Tensile Test จากนั้นจะขึ้นหน้าจอให้เลือกประเภทชิ้นงานทดสอบ ให้ทำการเลือก Square ซึ่งคือ ชิ้นงานที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม

15. จากนั้นหน้าจอจะขึ้นมาดังรูป 11 ให้ทำการป้อนข้อมูลต่างๆ ดังนี้

รูปที่ 11



เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง Universal Testing Machine , RMU	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 5 / 6

- **ค่า Side A** ให้ทำการป้อนค่าความกว้าง (Width) ของส่วนที่ถูก Milling หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm.)
- **ค่า Side B** ให้ทำการป้อนค่าความหนา (Thickness) ของชิ้นงาน หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm.)
- **ค่า Length between ref. Points** (Gauge Length) ซึ่งเป็นค่าที่เอาไว้คำนวนการยืดตัวของชิ้นงาน (Elongation) หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm.)
- **ค่า Speed 1 (Elastic)** ซึ่งเป็นค่าความเร็วที่ใช้ดึงชิ้นงาน ในช่วง elastic คือช่วงที่ชิ้นงานยังไม่เกิดการเสียรูปอย่างถาวร โดยให้ใช้ค่า 20 mm./min
- **ค่า Speed 2 (Plastic)** ซึ่งเป็นค่าความเร็วที่ใช้ดึงชิ้นงาน ในช่วง plastic คือช่วงหลังจุด yield point ซึ่งชิ้นงานจะเกิดการเสียรูปแบบถาวรแล้ว โดยให้ใช้ค่า 40 mm./min

16. จากนั้นให้นำชิ้นงานเข้าเครื่องวัดโดยมีขั้นตอนดังนี้
- ทำความสะอาดตัวจับเพื่อป้องกันเศษเหล็กที่ตกค้างอยู่ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการไถลระหว่างการทดลอง
- กดปุ่ม ↓ , ↑ ที่ตัวเครื่องเพื่อทำการปรับระยะห่างระหว่างตัวจับชิ้นงาน (holders) ให้เหมาะสม
- นำชิ้นงานไปใส่ที่ตัวจับด้านบนก่อน (upper jaw) ส่วนตัวจับด้านล่าง (lower jaw) ให้เปิดไว้
- วางชิ้นงานให้อยู่กึ่งกลางระหว่างตัวจับบนกับตัวจับล่าง ขนานกับแนวแรง และให้ระยะจับชิ้นงานของตัวจับบนเท่ากับตัวจับล่าง

17. กด F10 เพื่อยืนยันข้อมูลที่ป้อนไปในข้อ15

18. จากนั้นหน้าจอจะขึ้นมาเป็นรูปกราฟ ให้ทำตามขั้นตอนดังนี้
- กด F1 เพื่อทำการปลดแรงที่มีอยู่ก่อนการทดสอบ (Tare Of The Force)
- ปลดล็อคตัวจับด้านล่าง (lower jaw) โดยการเอาแท่งเหล็กข้างๆออก
- กด F2 เพื่อตั้งการยืดตัวให้เป็น 0 ก่อนการทดสอบ (Zero Elongation)
- กด F3 เริ่มต้นการทดสอบ (Start Testing)
- กด F1 เปลี่ยนความเร็ว (Speed) เมื่อกราฟผ่านเข้าสู่ช่วงการแปรรูปแบบ Plastic (หลังจุด Yield)
- ในกรณที่ตั้งค่า Test end threshold ในข้อ 12 มากเกินไป เมื่อชิ้นงานเกิดการแตกแล้วจะทำให้เครื่องไม่หยุดทำงานให้กด F2 เพื่อหยุดการทำงานของเครื่อง

19. เมื่อทำการทดสอบเสร็จให้นำชิ้นงานที่ขาดออกมาต่อกันแล้วทำการวัดระยะ Gauge Length ใหม่ แล้วนำค่าที่วัดได้ป้อนลงไปในโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมคำนวนค่า Elongation

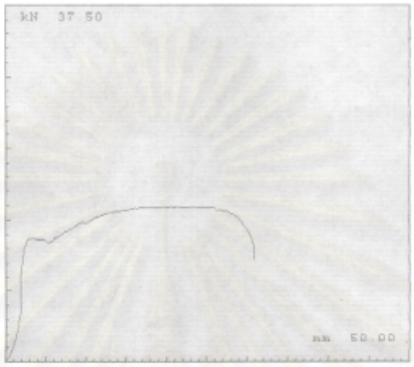
20. ในกรณีที่เครื่องวัดกำหนด Upper Yield กับ Lower Yield มาไม่เหมาะสมให้ทำการกำหนดจุดใหม่ดังนี้
- กด Alt+A จากนั้นกด ← , → เลือกไปที่คำสั่ง Analyse
- จากนั้นกด ↑ , ↓ เพื่อเลือกที่จะทำการกำหนดค่า Upper กับ Lower ใหม่ โดยเมื่อเลือกที่จะตั้งค่า Upper หรือ Lower จะมีกรอบสี่เหลี่ยมขึ้นมา ให้ทำการเลื่อนไปยังจุดที่ต้องการโดย กด← , → เมื่อได้จุดที่ต้องการแล้วให้ทำการยืนยัน

เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง Universal Testing Machine , RMU	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 6 / 6

NOTE - upper Yield Point คือจุดที่แรงเริ่มลดลงครั้งแรก

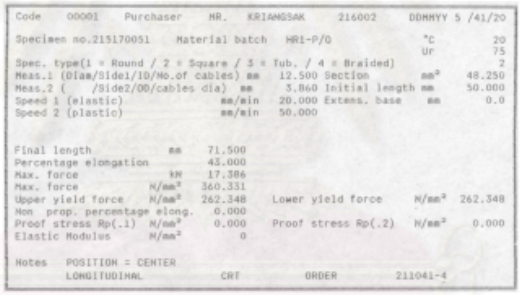
- lower Yield Point คือจุดที่แรงมีค่าน้อยสุดที่อยู่ในช่วงการแปรรูปแบบพลาสติก (Plastic Yield) หรือหลังจุด Upper Yield Point ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12



เมื่อทำการกำหนดค่าต่างๆ เสร็จแล้วให้ทำการบันทึกข้อมูลโดย เลือกไปที่คำสั่ง Print & Save Data ทำการ ป้อนข้อมูลแล้วยืนยันดังรูป 13

รูปที่ 13



Code 00001 Purchaser MR. KRIANGSAK 216002 DDMMYY 5 /41/20

Specimen no.215170051 Material batch HR1-P/0 °C 20
Ur 75

Spec. type(1 = Round / 2 = Square / 3 = Tub. / 4 = Braided)					2
Meas.1 (Diam/Side1/ID/No.of cables)	mm	12.500	Section	mm²	48.250
Meas.2 (/Side2/OD/cables dia)	mm	5.860	Initial length	mm	50.000
Speed 1 (elastic)		mm/min	20.000	Extens. base mm	0.0
Speed 2 (plastic)		mm/min	50.000		
Final length	mm	71.500			
Percentage elongation		43.000			
Max. force	kN	17.386			
Max. force	N/mm²	360.331			
Upper yield force	N/mm²	262.348	Lower yield force	N/mm²	262.348
Non prop. percentage elong.		0.000			
Proof stress Rp(.1)	N/mm²	0.000	Proof stress Rp(.2)	N/mm²	0.000
Elastic Modulus	N/mm²	0			

Notes POSITION = CENTER
LONGITUDINAL CRT ORDER 211041-4

22. ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับมาตราฐานที่กำหนดถ้าไม่ผ่านให้ทำการทดสอบใหม่

หมายเหตุ

- ควรควบคุมอุณหภูมิห้องให้ได้ตามที่มาตราฐานของเครื่องกำหนดไว้ คือ 20 องศาเซลเซียส
- ความชื้นควรให้อยู่ในระดับ 75 %
- ระหว่างการทดสอบไม่ควรให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในห้องทดลอง
- ควรทำเครื่องหมายกำหนดตำแหน่งการวางของชิ้นงานที่ตัวจับ บน และล่าง เพื่อจะได้สะดวกต่อการทดสอบและได้ผลการทดสอบที่แม่นยำขึ้น
- ควรจะใช้ Extensometre ในการวัด %Elongation เพราะจะได้ค่าที่น่าเชื่อถือกว่า และเป็นการขจัดปัญหาความคลาดเคลื่อนของบุคคลได้
- ควรระมัดระวังในการจับชิ้นงาน ควรให้ตัวจับจับชิ้นงานได้สนิทกด
- ทำการกด F1 เปลี่ยนความเร็วทันที เมื่อกราฟผ่านจุด Yield

ภาคผนวก ง. 3

คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

(Universal Testing Machine, Zwick)

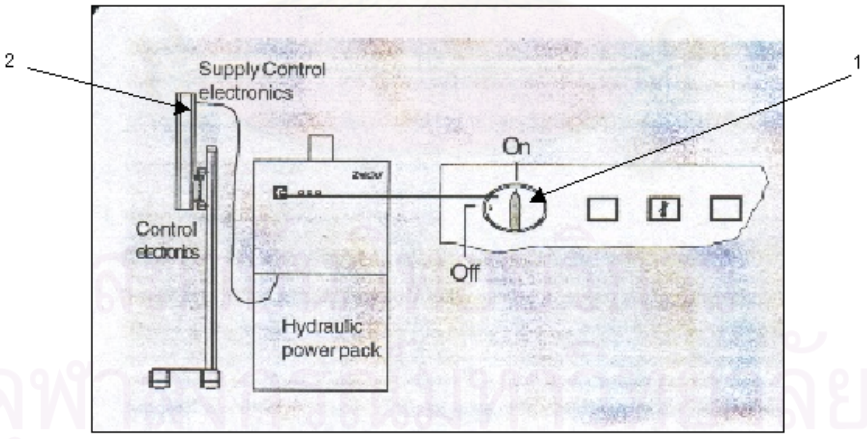
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง	วัน/เดือน/ปี	: 16/12/2002
	Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	หน้า	: 1 / 17

วิธีการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง

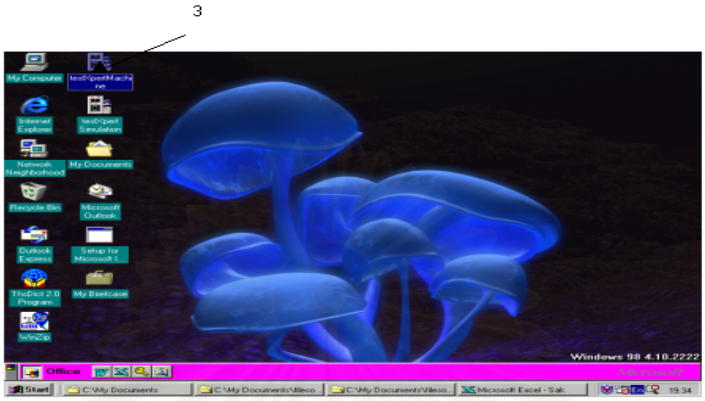
1. ขั้นตอนการใช้เครื่อง TENSILE ZWICK

1. เปิด BRAKER MAIN SWITCH ที่ตำแหน่ง ON
2. กดปุ่ม SWITCH ที่ด้านหลังกล่อง CONTROL ตำแหน่ง ON (ที่หน้าจอกล่อง CONTROL จะ SHOW ... STANDARD SYSTEM TEST)



เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 2 / 17

3. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ เข้าโปรแกรม Test Xpert Machine เมื่อเข้าแล้วรอ DOWN LOAD 100%

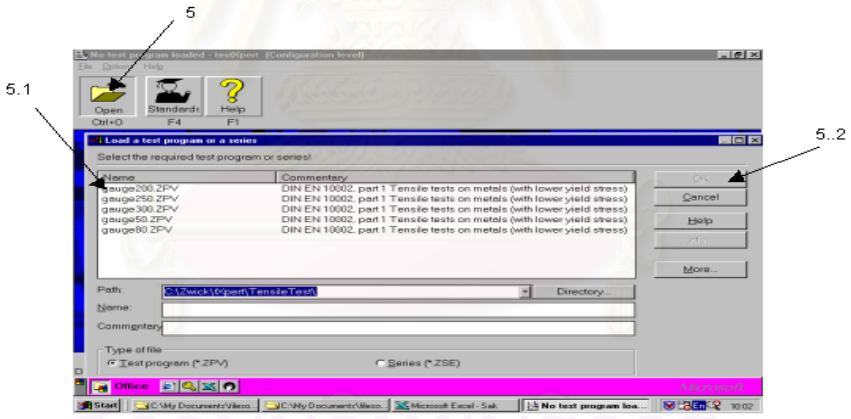


4. เมื่อเข้าแล้วรอ DOWN LOAD 100% ประมาณ 1 นาที ให้สังเกตุที่กล่อง CONTROL จะ SHOW ... STANDARD PC-CONTROL

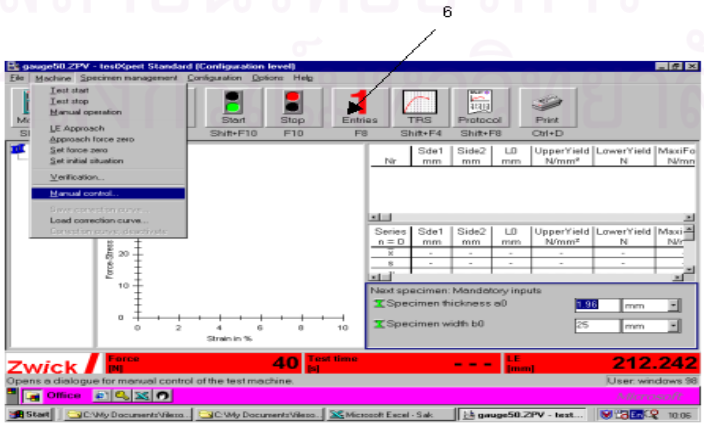
5. คลิก ICON ที่ช่อง OPEN ดังรูป เลือก GAUGE LENGTH ที่จะทำการทดสอบ GAUGE50.ZPV หรือ GAUGE200.ZPV คลิก OK.

5.1 เลือก GAUGE LENGTH ที่จะทำการทดสอบ ตัวอย่างเราจะเลือก GAUGE200.ZPV

5.2 คลิก OK.



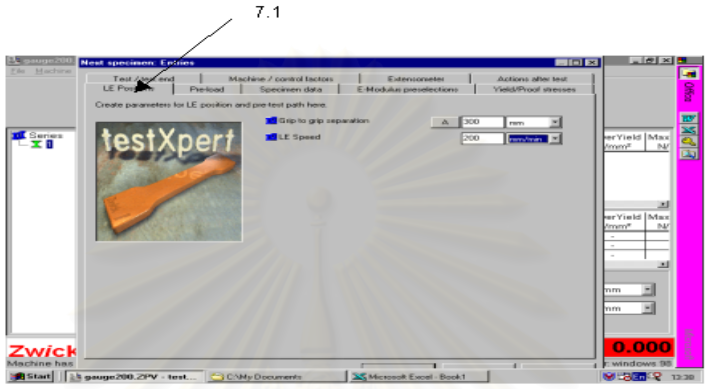
6. คลิก ICON ที่ช่อง ENTRIES1 เพื่อ SET ค่าต่างๆ ดังรูป



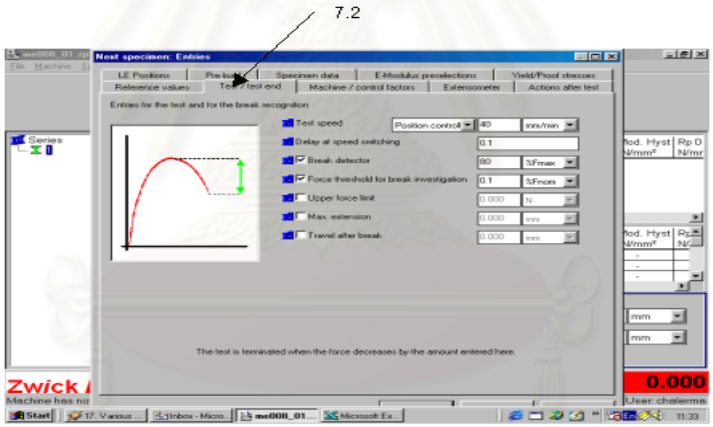
เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 3 / 17

7. หน้าจอจะ SHOW ดังรูป หลังจากนั้นเข้าไป SET ค่าต่างๆ

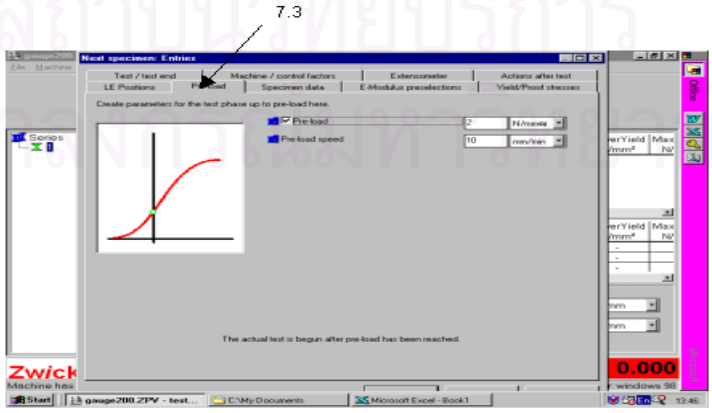
7.1 SET ค่า LE Positions ดังรูป



7.2 SET ค่า Test / test end ดังรูป

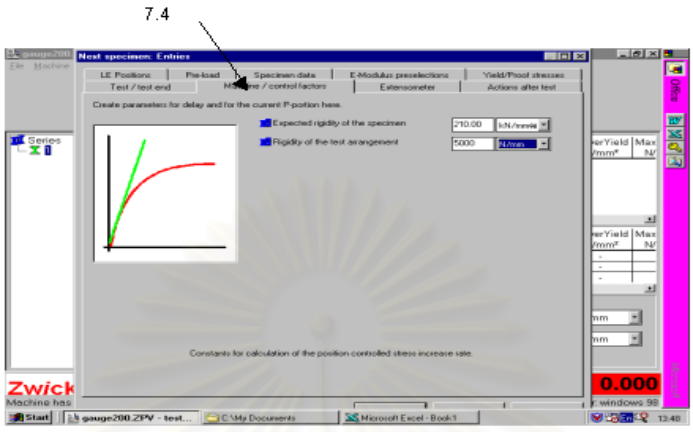


7.3 SET ค่า Pre-load ดังรูป

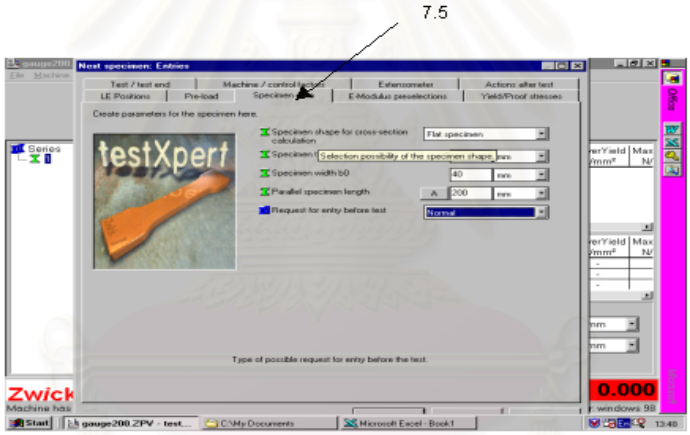


เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 4 / 17

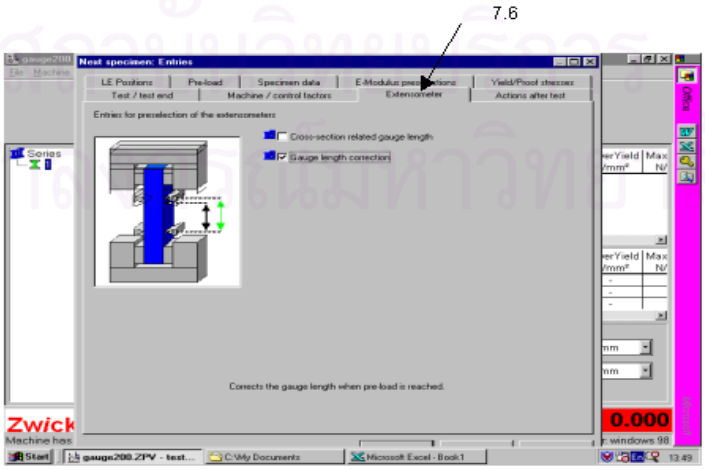
7.4 SET ค่า Machine / control factors ดังรูป



7.5 SET ค่า Specimen data ดังรูป ระบุความหนาของชิ้นงานทดสอบ

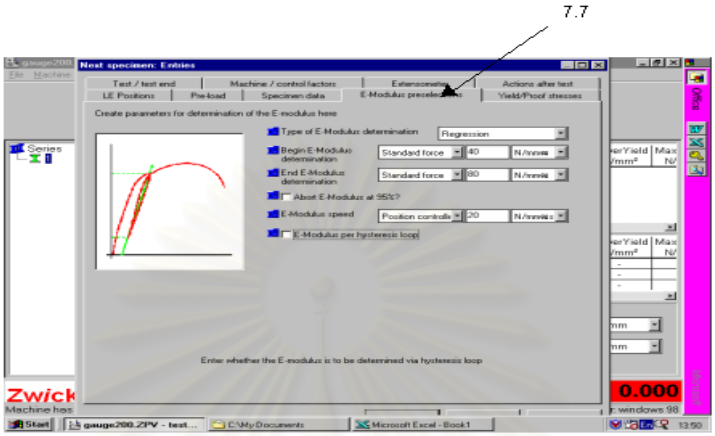


7.6 SET ค่า Extensometer ดังรูป

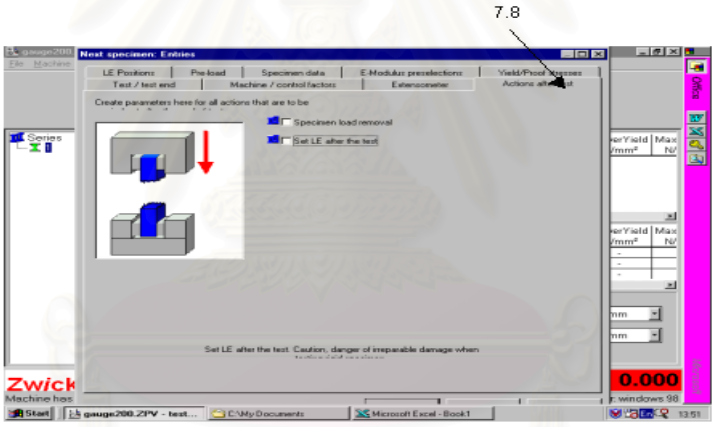


เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 5 / 17

7.7 SET ค่า E-Modulus preselections ดังรูป

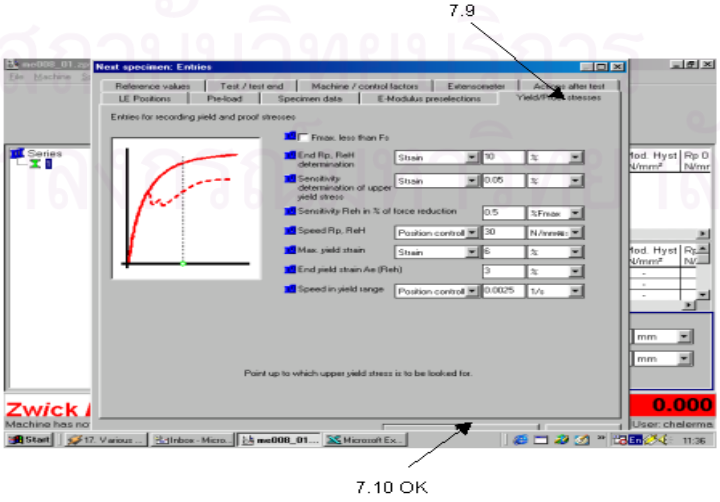


7.8 SET ค่า Actions after tert ดังรูป



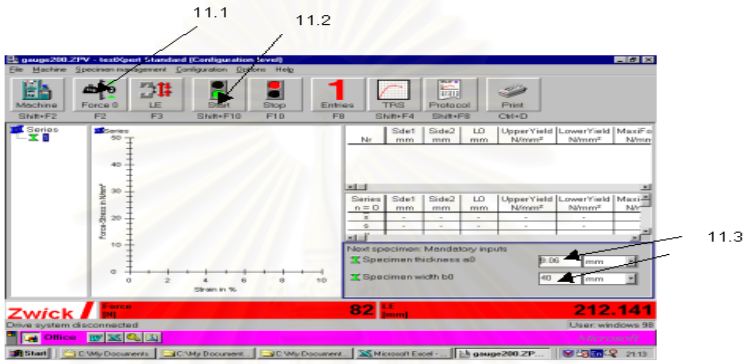
7.9 SET ค่า Yield / Proof stresses ดังรูป

7.10 คลิก OK

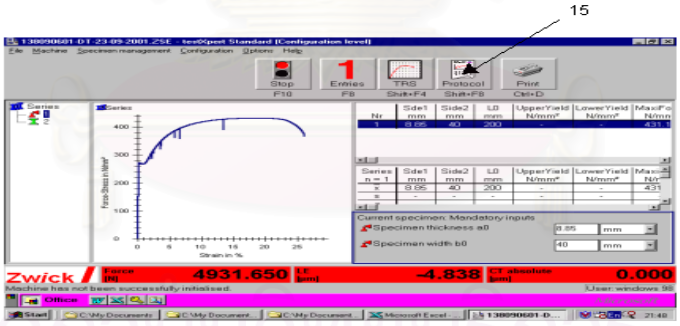


เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วันเดือนปี หน้า	: 16/12/2002 : 6 / 17

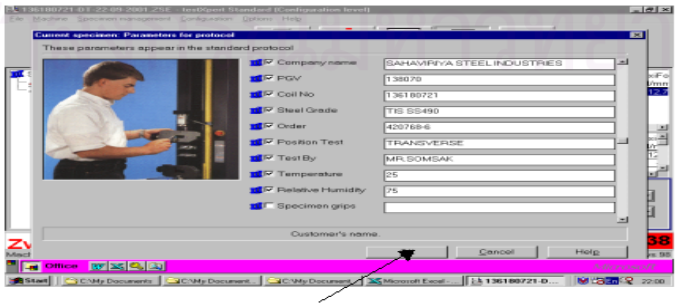
8. หน้าจอจะกลับไปหน้า พร้อมทดสอบ ดังรูป
9. ทำการติดตั้ง Extensometer เข้ากับเครื่อง ตามตำแหน่ง GAUGE LENGTH 200 mm.
10. จับยึดชิ้นงานทดสอบเข้ากับปากจับ และ เช็ค Extensometer ว่าได้ระยะกึ่งกลางชิ้นงานทดสอบหรือไม่
11. ใส่ข้อมูล SPECIMEN THICKNESS และ WIDTH ดังรูป
    11.1 คลิก ICON ที่ช่อง Force 0 ดังรูป
    11.2 คลิก ICON ที่ช่อง Start ดังรูป
    11.3 จากนั้นหน้าจอจะถาม ความหนาและความกว้างของชิ้นงานอีกครั้ง เราเลือก OK



12. จากนั้นที่หน้าจอคอมฯจะเตือนให้กด ปุ่ม SWITCH Extensometer เพื่อให้สัมผัสกับชิ้นงานทดสอบ คลิก OK.
13. เครื่องทดสอบเริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นงานขาดออกจากกัน
14. หลังจากชิ้นงานทดสอบขาด ที่หน้าจอคอมฯจะเตือนให้เรากดปุ่ม SWITCH Extensometer เพื่อให้ออกจากชิ้นงานทดสอบ คลิก OK.
15. คลิก ICON เลือกที่ช่อง Protocol ดังรูป เพื่อใส่ข้อมูลต่างๆของชิ้นงาน

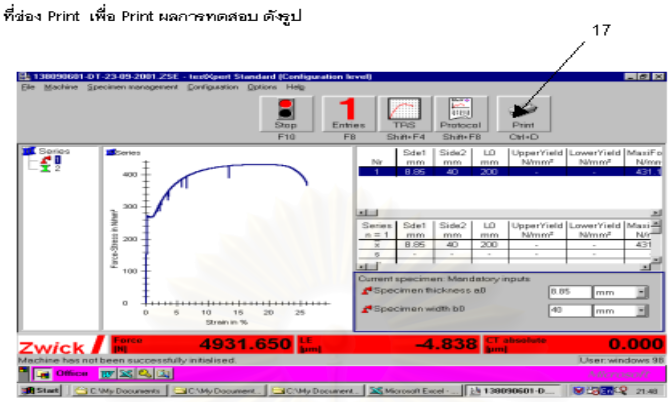


16. คลิก ICON เลือกช่องใส่ข้อมูลต่างๆของชิ้นงาน ดังรูป
    16.1 จากนั้น คลิก OK.



เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 7 / 17

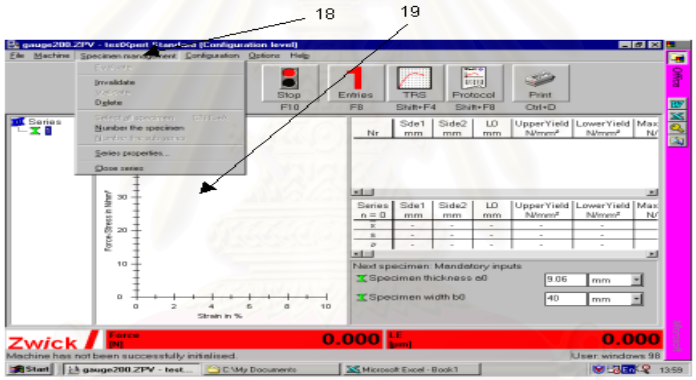
17. คลิก ICON ที่ช่อง Print เพื่อ Print ผลการทดสอบ ดังรูป



18. คลิก ICON ที่ SPECIMEN MANAGEMENT ดังรูป

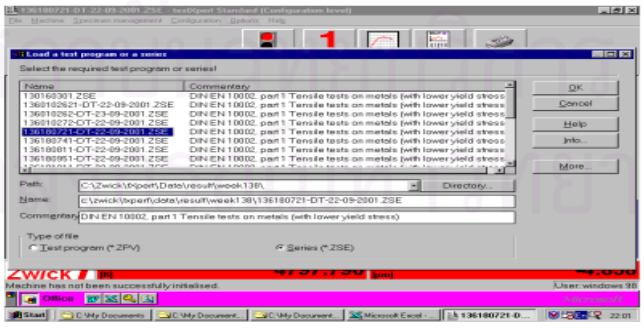
19. คลิก ICON เลือกที่ Close series ดังรูป

20. หน้าจอจะถามว่า ต้องการที่จะ Save ข้อมูลหรือไม่ ตอบ Yes



21. เลือก WEEK ที่ต้องการจะ Save ข้อมูลไว้ (คลิกหัวลูกศร ที่ช่อง Path แล้วคลิก WEEk ที่ต้องการ Save)

22. พิมพ์ No. coil และ Date ในช่อง UNKNOW เช่น 136180721-DT-22-09-2001 คลิก OK.



<u>หมายเหตุ</u>

การ SET ค่า LE POSITION ให้เอาค่า GAUGE LENGTH ที่เราเลือก บวกด้วย 100 mm.

เสมอ เช่น

GAUGE LENGTH 50 mm. = 50+100 จะได้ค่า LE POSITION = 150 mm.

GAUGE LENGTH 200 mm = 200+1000 จะได้ค่า LE POSITION = 300 mm.

เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 8 / 17

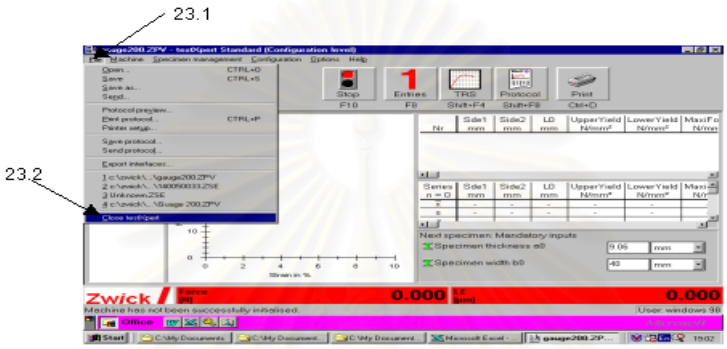
23. ขั้นตอนการปิดเครื่อง TENSILE ZWICK

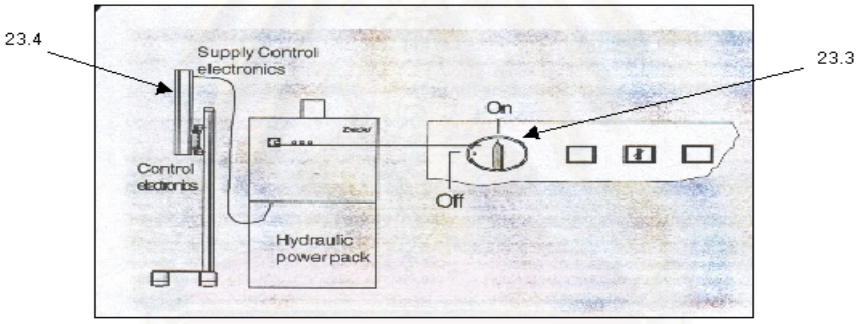
23.1 คลิกเลือก FILE

23.2 คลิก CLOSE TEST XPERT

23.3 กด SWITCH ที่ด้านหลังกล่องควบคุม

23.4 ปิด MAIN SWITCH มาที่ตำแหน่ง OFF

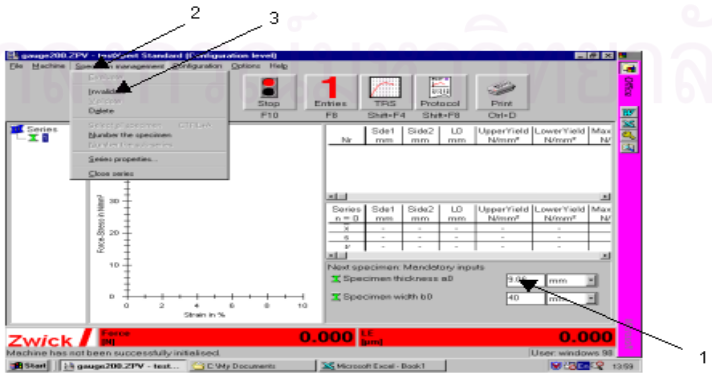




2. <u>การแก้ไขความหนาของชิ้นงานทดสอบ</u>

อันเนื่องมาจาก ผู้ทดสอบ ป้อนความหนาผิด สามารถกระทำได้ดังนี้

1. เปลี่ยนความหนาของชิ้นทดสอบ ในช่อง SPECIMEN THICKNESS a0 ดังรูป
2. คลิกเลือก Specimen management
3. คลิกเลือก Evaluate ระบบก็จะคำนวนค่า Upper Yield , Lower Yield , Max Force ให้ใหม่

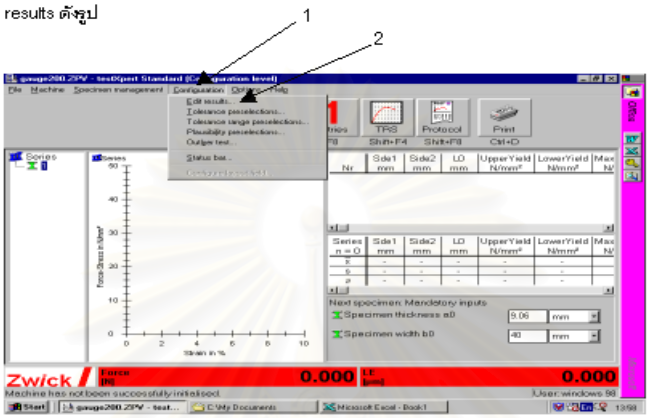


เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 9 / 17

<u>ฟังชั่นค่าผลTest ต่างๆที่มีในเครื่องทดสอบ</u>

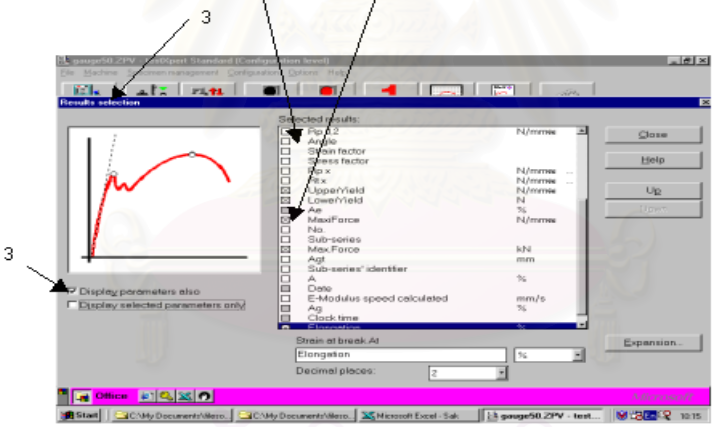
1. คลิกเลือก Configuration ดังรูป

2. คลิกเลือก Edit results ดังรูป



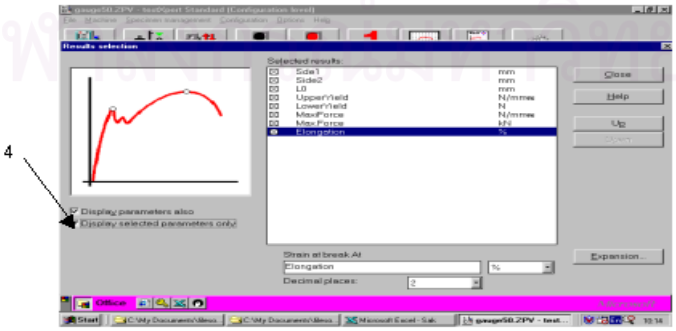
3. หน้าจอจะ Show หัวข้อ Results selection ดังรูป

จะเป็นค่าทุกค่าที่เครื่องสามารถคำนวนได้ ถ้าหากเราต้องการค่าใดก็คลิก X ตรงช่องด้านหน้า ดังตัวอย่าง



4. เมื่อเราคลิกเครื่องหมาย / หน้า Display selected parameters only หน้าจอก็จะ SHOW ค่าที่เรา

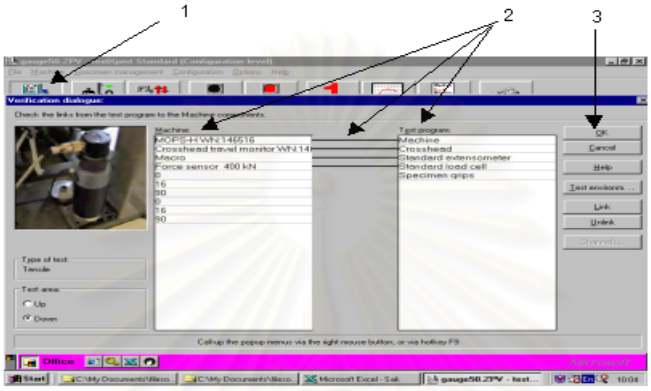
เลือกไว้ดังรูป



เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 10 / 17

การตรวจสอบโปรแกรมต่างๆของเครื่องต้อง Links ต่อกัน ดังรูปสามารถทำได้โดย

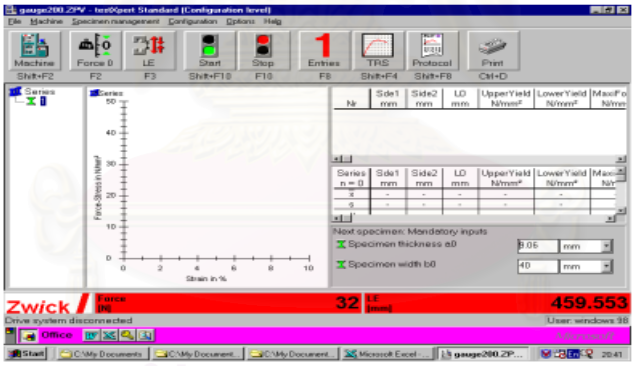
1. คลิกเข้า Machine ดังรูป
2. Machine กับ Test program ต้องต่อถึงกัน ดังรูป
3. กด OK.



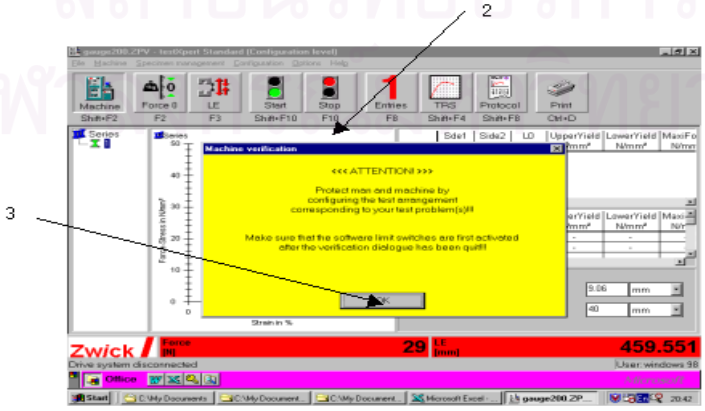
3. <u>การ SET ระยะ Current LE</u>

คือ ระยะระหว่าง ปากจับบน-ปากจับล่าง กับ ระยะ LE โปรแกรมของเครื่องต้องเท่ากัน สามารถทำได้โดย

1. คลิกเข้า Machine ดังรูป



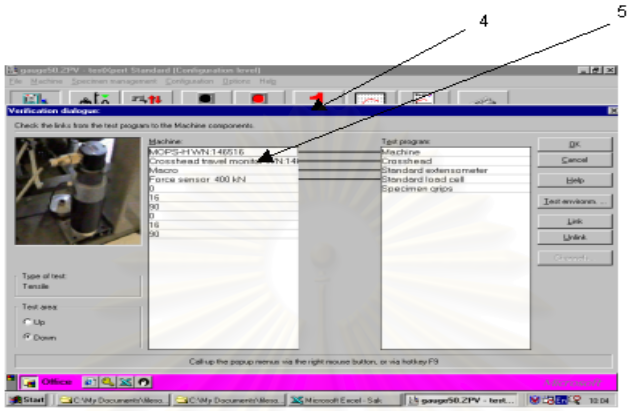
2. หน้าจอSHOW Machine verification ดังรูป
3. คลิก OK.



เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 11 / 17

4. หน้าจอจะ SHOW ดังรูป

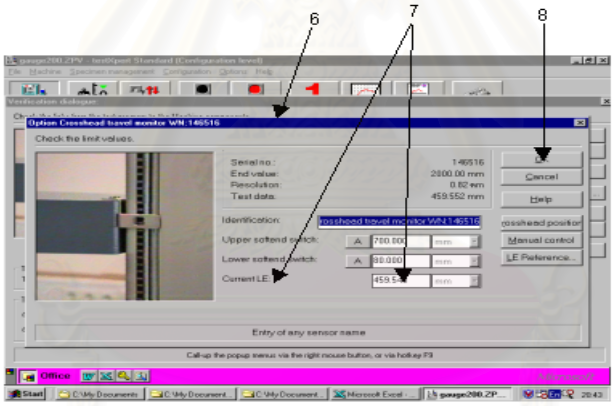
5. ดับเบิ้ลคลิก ที่ Crosshead travel monitor WN141516 ดังรูป



6. หน้าจอ SHOW ดังรูป

7. วัดระยะปากจับบนกับปากจับล่าง (Grip to grip) เท่าไหร่ นำไปแก้ที่ช่อง Current LE ดังรูป

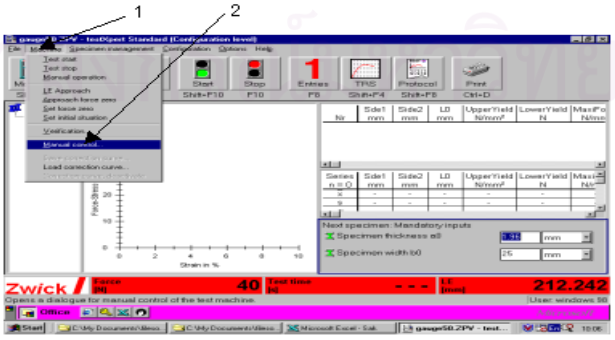
8. คลิก OK.



4. <u>ฟังชั่นการกดเลื่อนขึ้น-ลง ของตัวจับชิ้นงาน (ใช้ระบบManual control)</u>

1. คลิกเลือก Machine ดังรูป

2. คลิกเลือก Manual control ดังรูป



เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 12 / 17

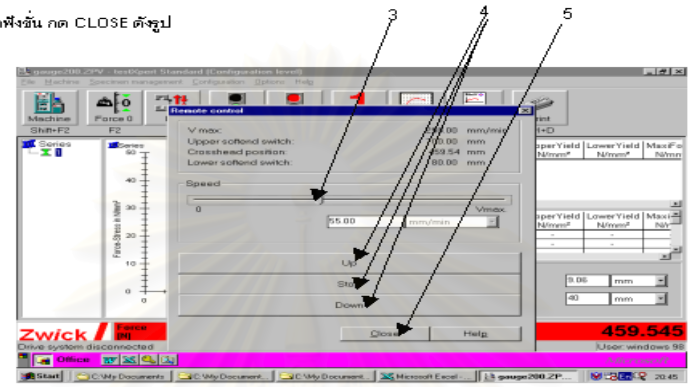
3. Set speed ดังรูป

4. ถ้าหากต้องการให้ปากจับขึ้น ให้กด UP

   ถ้าหากต้องการให้ปากจับลง ให้กด DOWN

   ถ้าหากต้องการให้ปากจับหยุด ให้กด STOP

5. ต้องการออกจากฟังชั่น กด CLOSE ดังรูป



5. <u>การสร้าง WEEK เพื่อเก็บข้อมูลผลการทดสอบ</u>

1. การสร้าง WEEK ใหม่ เริ่มจากหน้าจอ Gauge length คลิกเลือก More ดังรูป

2. ดับเบิ้ลคลิกที่ Up one level ดังรูป

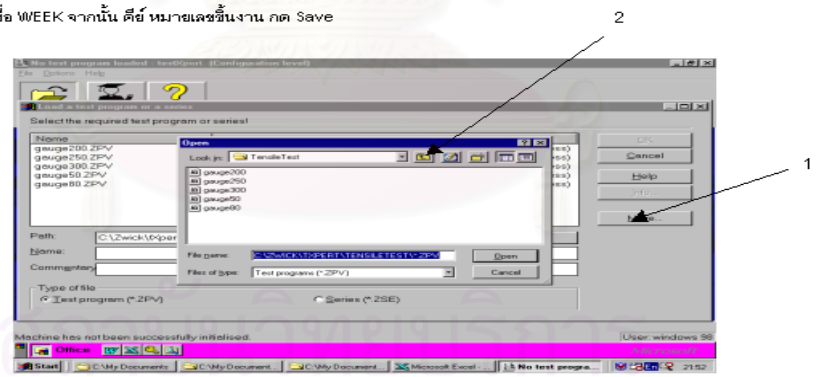
3. ดับเบิ้ลคลิกเลือก File ชื่อ DATA ดังรูป

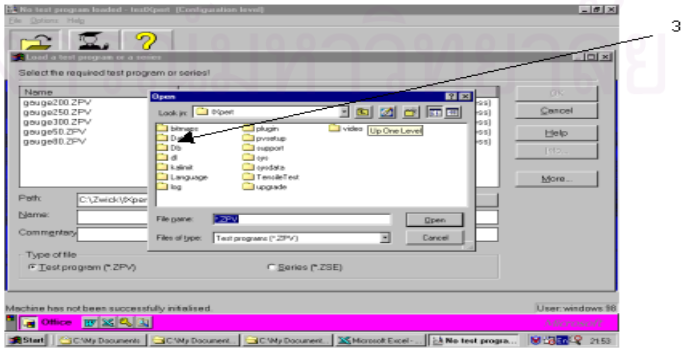
4. ดับเบิ้ลคลิกเลือก File ชื่อ Result ดังรูป

5. ดับเบิ้ลคลิกเลือก Create New Folder ดังรูป

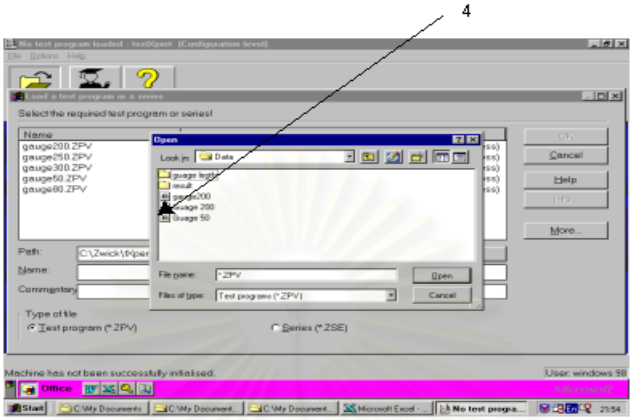
6. เปลี่ยน New Folder เป็นชื่อ WEEKที่ทดสอบ

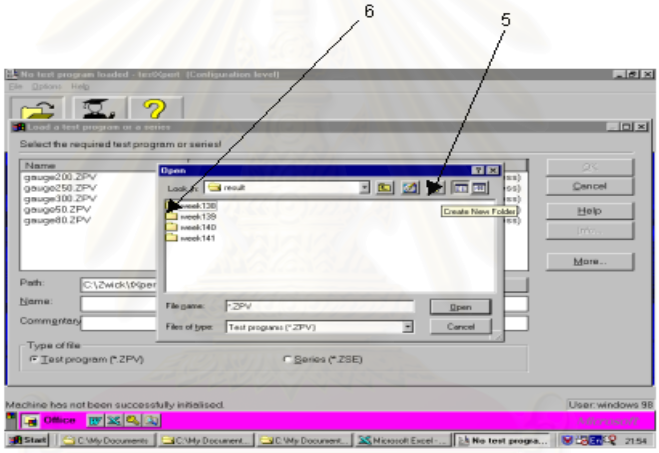
7. ดับเบิ้ลคลิก ชื่อ WEEK จากนั้น คีย์ หมายเลขชิ้นงาน กด Save





เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 13 / 17

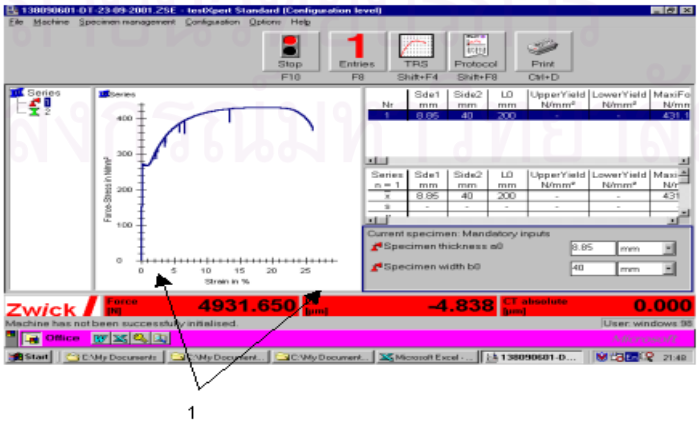




6. <u>การกำหนดค่า FORCE (N) ค่า LE (mm.) ให้ SHOW บนหน้าจอ</u>

การกำหนดค่า FORCE (N) ค่า LE (mm.) ให้ SHOW บนหน้าจอ กระทำ ดังรูป

1. คลิกขวา ตรงค่า FORCE หรือ LE ดังลูกศรชี้

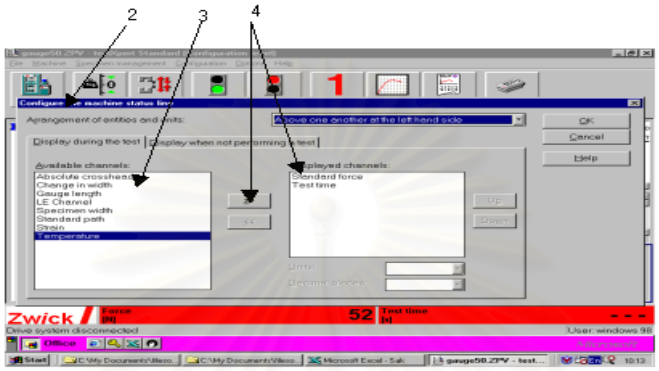


เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี : 16/12/2002 หน้า : 14 / 17

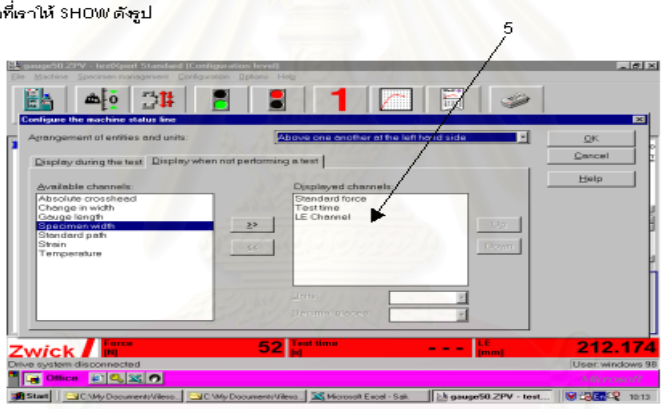
2. หน้าจอจะ SHOW ฟังชั่น Configure the machine status line ดังรูป

3. เลือกหัวข้อที่เราต้องการ SHOW ในตารางด้านซ้ายให้เป็นสีน้ำเงิน จากนั้นคลิกที่ลูก

4. จากนั้นคลิกที่ลูกศร เพื่อให้ไปอยู่ทางด้านขวามือ ดังรูป



5. ตัวอย่างหัวข้อที่เราให้ SHOW ดังรูป

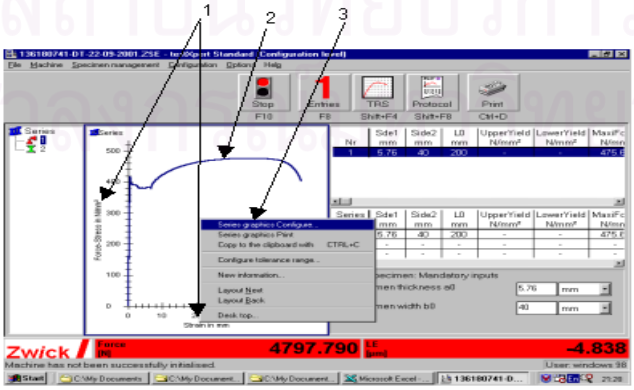


7. <u>การ SET ค่าแกน X แกน Y ของกราฟ</u>

1. การ SETค่าแกน X แกน Y เพื่อต้องการให้ SHOW ค่าที่ต้องการของกราฟ ดังรูปแสดง

2. คลิกขวาบนกราฟ ดังรูป

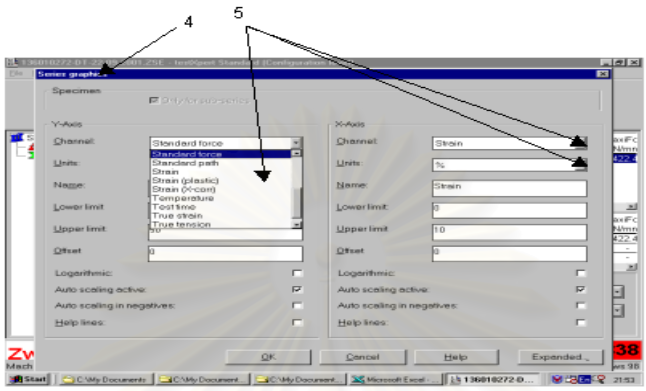
3. บนกราฟจะ SHOW คำสั่งต่างๆ ให้เรา คลิกซ้ายคำว่า Series graphic Configure ดังรูป



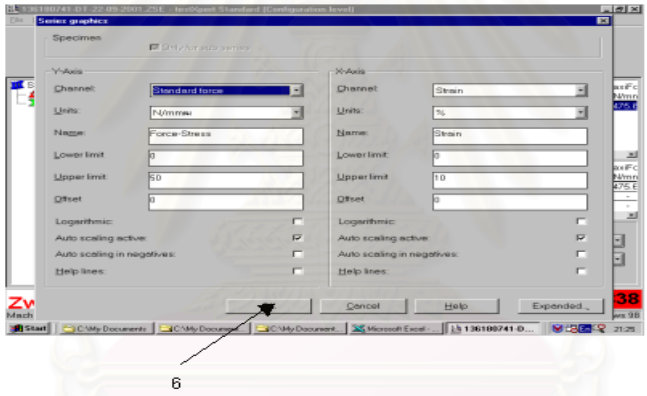
เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 15 / 17

4. หน้าจอจะ SHOW ฟังชั่น Series graphics ดังรูป

5. เราสามารถเลือกค่าของแกน X และ แกน Y โดยการคลิกเลือกที่ลูกศร ขึ้นหรือลง ดังรูป

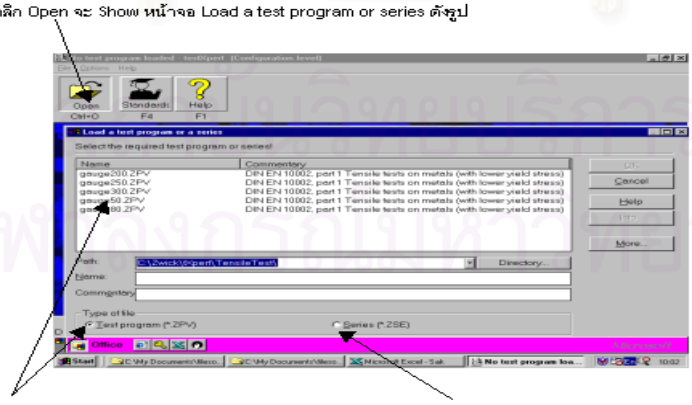


6. เมื่อเลือกค่าตามที่ต้องการแล้ว ให้คลิก OK. ดังรูป



<u>เพิ่มเติม</u>

เมื่อคลิก Open จะ Show หน้าจอ Load a test program or series ดังรูป



Test program(*.ZPV) จะSHOWโปรแกรมการทดสอบ Series (*.ZSE) สำหรับSHOW ผลทดสอบที่เคยทดสอบไปแล้ว ตาม Gauge length ต่างๆ

เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 16 / 17

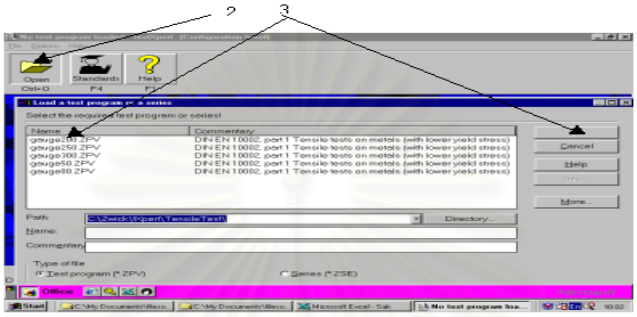
หมายเหตุ

CALIBRATION LOAD CELL โดยการใช้มูฟริ่งลิงค์ ของ วท.

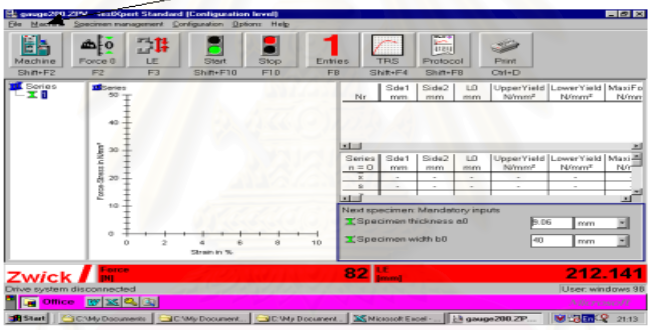
1. คลิกเข้าโปรแกรมทดสอบ ตามปกติ

2. คลิก Open ดังรูป

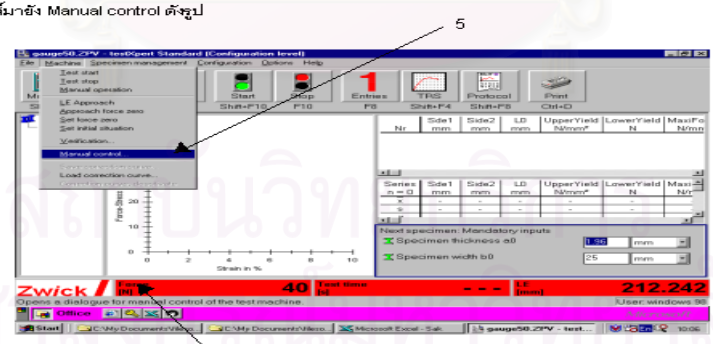
3. คลิก gauge200.ZPV คลิก OK ดังรูป



4. คลิกเข้าฟังชั่น Machine ดังรูป



5. คลิกเม้าส์มายัง Manual control ดังรูป



6. หน้าจอShow ฟังชั่น Remote control ดังรูป

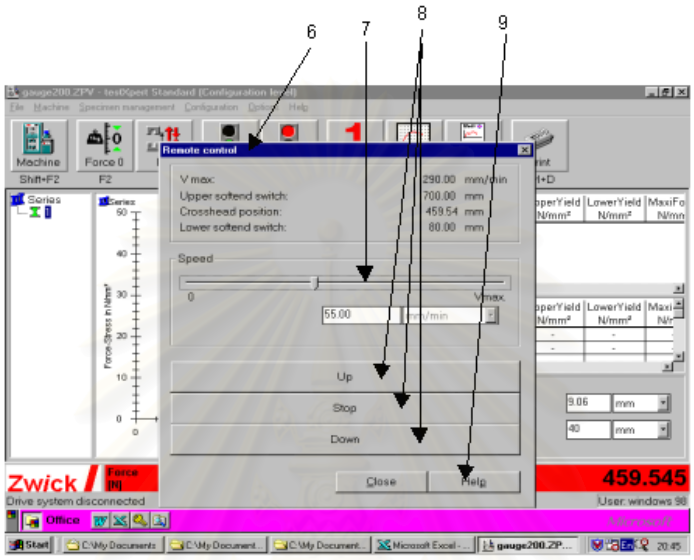
7. Set speed ตามที่ต้องการ ดังรูป

8. ถ้าหากต้องการให้ปากจับขึ้น ให้กด UP
ถ้าหากต้องการให้ปากจับลง ให้กด DOWN
ถ้าหากต้องการให้ปากจับหยุด ให้กด STOP

*วางมูฟริ่งลิงค์ ตรงกลางปากจับของเครื่องทดสอบแรงดึง กดให้ปากจับตัวบนดันมูฟริงลิงค์ลงมาเพื่ออ่านค่าเปรียบเทียบเครื่องทดสอบ Zwick จะShowค่าที่ช่อง Force(N) ดังรูป

เรื่อง	คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง Universal Testing Machine, Zwick BZSP 400	วัน/เดือน/ปี หน้า	: 16/12/2002 : 17 / 17

9. ต้องการออกจากฟังชั่น กด CLOSE ดังรูป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Product Flow and Main Characteristic of HOT STRIP MILL

A Big bite Reheating Furnaces

6 Zones Walking Beam Type		
Furnace length	42	m
Furnace width	11.8	m
Capacity of each Furnace	275	t/h
Heating temperature	1250	°C
Steel grade	Low and Medium Carbon Steel Stainless Steel (AISI 300,400)	
Slab Characteristic		
Thickness	160-250	mm
Width	900-1,550	mm
Length	4,300-10,800	mm
Weight (max)	35	tons

B Descaling Box

4 Descaling Headers	2 Top, 2 Bottom	
Pressure of Headers	180	Bar

C Roughing Mill and Vertical Edger

Vertical Edger Mill

Main drive motor	2 x 1,000	kw
Roll diameter (min-max)	900-1,000	mm
Rolling Speed (max)	5.37	m/s
Gear ratio	7.6:1	
Gap between roll (min-max)	755-1,700	mm

Reversing Roughing Mill

Main drive motor	2 x 5,000	kw
Work roll diameter (min-max)	900-1,000	mm
Work roll table length	1,700	mm
Back up roll diameter (min-max)	1,260-1,400	mm
Back up roll table length	1,675	mm
Back up roll body length	1,700	mm
Gap between Roll	355	mm
Rolling Speed (max)	5.8	m/s
Rolling separating force (max)	3,600	tons

Upstream and Downstream descaler
Delay table and bar removing device.

D Coil Box

2 Top Bending roll	300	kw
1 Bottom Bending roll	300	kw
2 Coiler roll no. 1 (Coiling)	300	kw
2 Coiler roll no. 2 (Uncoiling)	150	kw
Threading speed (max)	3	m/s
Coiling speed (max)	6.8	m/s
Uncoiling speed (max)	9	m/s
Coiling Temperature (min)	1,000	°C
Coil Bar Thickness	20 - 40	mm

Coil shear

Rotary drum shear type		
Twin drive motor	2 x 280	kw
Knife drum diameter	830	mm
Shearing temperature (min)	900	°C
Shearing force	600	tons
Shearing Capacity		
- Low and Medium Carbon Steel	40 mm. x 1,550	mm
- API x 70	32 mm. x 1,550	mm
- Stainless Steel	28 mm. x 1,550	mm

E Finishing Mill

6 Stands, 4 High Mill			
Main drive motor		6 x 5,200	kw
Motor speed		170 - 400	R.P.M.
Gear ratio		5.715 - 1:1	
Work roll diameter (min-max)		640 - 700	mm.
Work roll face length	(F1 - F3)	1,705	mm.
	(F4 - F6)	600	mm.
Work roll body length	(F1 - F3)	1,725	mm.
	(F4 - F6)	1,625	mm.
Work Roll axis shifting	(F4 - F6)	±100	mm.
Back up roll diameter (min-max)		1,260 - 1,400	mm.
Back up roll face length		1,675	mm.
Back up roll body length		1,700	mm.
Rolling speed Entry	F1 (max)	25	m/s
Exit	F6 (max)	16.6	m/s
Rolling separating force (max)		3,600	tons.
Roll bending force			
Positive crown control (max)		100	tons/chock
Negative crown control (max)		76	tons/chock
Rolling temperature (approx)		1,000	°C
Strip dimension Thickness		1.2 - 12	mm.
Width		900 - 1,550	mm.

F Runout table with Laminar Flow Cooling

Runout Table

Total Table length	98	m.
AC motor power for each roller	3.7	kw.
Number of Rollers	247	rollers
Roller diameter	305	mm.
Roller length	1,700	mm.
Roller spacing	400	mm.

Laminar flow Cooling

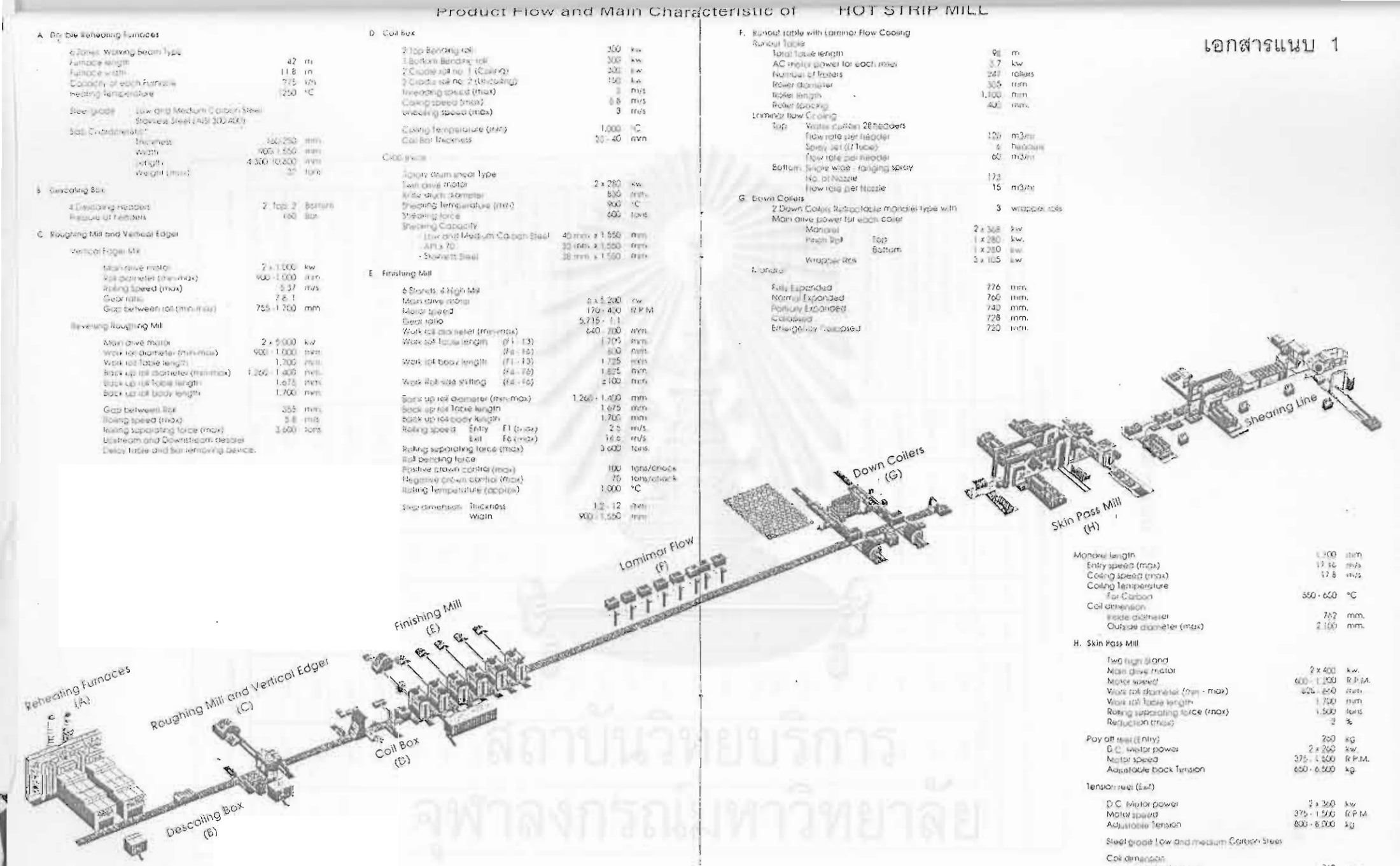
Top	Water curtain 28 headers	
	Flow rate per header	120 m3/hr.
	Spray jet (U Tube)	6 headers
	Flow rate per header	60 m3/hr.
Bottom	Single wide - ranging spray	
	No. of Nozzle	178
	Flow rate per Nozzle	15 m3/hr.

G Down Coilers

2 Down Coilers Retractable Mandrel type with		3	wrapper rolls
Main drive power for each coiler			
Mandrel		2 x 368	kw.
Pinch Roll	Top	1 x 280	kw.
	Bottom	1 x 280	kw.
Wrapper Ros		3 x 105	kw.

Mandrel

Fully Expanded	776 mm.
Normal Expanded	760 mm.
Partially Expanded	740 mm.
Collapsed	728 mm.
Emergency Collapsed	720 mm.



Mandrel length	1,300	mm.
Entry speed (max)	17.16	m/s
Coiling speed (max)	17.8	m/s
Coiling Temperature		
For Carbon	550 - 650	°C
Coil dimension		
Inside diameter	762	mm.
Outside diameter (max)	2,100	mm.

H Skin Pass Mill

Two high Stand		
Main drive motor	2 x 400	kw.
Motor speed	600 - 1,200	R.P.M.
Work roll diameter (min - max)	600 - 650	mm.
Work roll Table length	1,700	mm.
Rolling separating force (max)	1,500	tons
Reduction (max)	2	%
Pay off reel (Entry)	260	kg
D.C. Motor power	2 x 260	kw.
Motor speed	375 - 1,500	R.P.M.
Adjustable back Tension	650 - 6,500	kg.
Tension reel (Exit)		
D.C. Motor power	2 x 360	kw.
Motor speed	375 - 1,500	R.P.M.
Adjustable Tension	800 - 8,000	kg.
Steel grade Low and medium Carbon Steel		
Coil dimension		
Inside diameter	762	mm.
Outside diameter	2,000	mm.
Weight (Max)	30	tons
Coil temperature Entry (max)	60	°C
Strip dimension (Un-rolled)		
Thickness	1.5 - 6.35	mm.
Width	900 - 1,550	mm.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารแนบ 2

EQUIPMENT LIST OF LABORATORY NON CALIBRATION

ITEM	DESCRIPTION	Series N0.	USER	POWER	QT'Y	CAL.	HISTORY		
				HP.	SET	Y/N	RECEIVED DATE	WORKING DATE	STATUS
1	SHEARING MACHINE (2.7 X 1.8 m.)	373163010157	TECH/MECH	12.5 HP.	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- FAMAS CARATE,BRIANZA ITALY								
2	MILLING MACHINE (2.04 X 1.91 m.)	373163010156	TECH/MECH	7.5KVA	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- TOS OCLOMOUC CZECHOSLOVAKIA								
3	SAWING MACHINE (0.74 X 0.90 m.)	7001000002	TECH/MECH	1.5 HP.	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- SAWMILL, ITALY								
4	PLANT SURFACE GRAINDING MACHINE (0.85 X 0.85 m.)	373163010154	TECH/MECH	3 HP.	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- DELTA., ITALY								
5	GRAINDING MACHINE (0.40 X 0.50 m.)	373163010155	TECH/MECH	0.9 HP.	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- HEBES., ITALY								
6	WET CUTTING OFF MACHINE (0.55 X 0.48 m.)	373163010148	TECH/MECH	1.1 KW	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- JEAN WIRTZ., GERMANY								
7	BELT-ABRASIVE GRAINDING MACHINE	7991100017	TECH/MECH	0.55 KW	2	N	1/2/94	1/4/94	NEW
8	IMPACT TESTING MACHINE WITH FREEZER	373163010151	TECH/MECH	300 J	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- RMU., ITALY								
9	PORTABLE HARDNESS TESTER (0.15 X 0.15 m.)	3530	TECH/MECH	-	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- AFFRI., ITALY								
10	PORTABLE HARDNESS TESTER (0.15 X 0.15 m.)	8550	TECH/MECH	-	1	N	1/2/94	1996	NEW
	- INTRUMATIC , ENGLAND MODEL 3								
11	AUTOMATIC MOUNTING PRESS (0.4 X 0.4 m.)		TECH/MECH	-	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- REMET., ITALY	373163010147							
12	DOUBLE WHELL POLISHER (0.7 X 0.5 m.)		TECH/MECH	-	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- REMET., ITALY	373163010166							
13	AUTOMATIC UNIVERSAL POLISHER (0.4 X 0.5 m.)	373163010145	TECH/MECH	-	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- REMET., ITALY								
14	METALLOGRAPHIC MICROSCOPE COMPLETE SET	373163010144	TECH/MECH	-	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	WITH PICTURE DEVELOPING ACCESSORY NIKON,JAPAN								
15	PHONIC 4000	7970600001	TECH/MECH	1.2 KW	1	N	1997	1997	NEW
	JEAN WIRTZ GERMANY								
16	C-S ANALYZER (0.65 X 0.70)	373163010165	TECH/CHEM	-	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- STROHLEIN INTRUMENTS., GERMANY								
17	DRILLING MACHINE (0.30 X 0.70 m.)	373163010167	TECH/CHEM	0.6 HP	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- BONZA GIANNI., ITALY								
18	AQUA METER (0.35 X 0.40 m.)	373163010163	TECH/CHEM	40 W	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- BAUR								
19	ELECTRIC FURNACE (0.58 X 0.51 m.)	373163010159	TECH/CHEM	4.5 W	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- REMET., ITALY								
20	CENTRIFUGAL MACHINE (0.40 X 0.45 m.)	ALC 4236	TECH/CHEM	600 VA	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- ALC								
21	FLOCCULATOR (0.28 X 0.98 m.)	AMF 6	TECH/CHEM	150 VA	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- JAR TEEST								
22	SAND HEATER (0.37 X 0.61 m.)	BAS 34/1	TECH/CHEM	-	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- BAS								
23	BALANCE (0.18 X 0.20 m.)	PP 2100	TECH/CHEM	1 KG	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- SARTORIUS								
24	VACUM PUMP (0.13 X 0.20 m.)	LR 37697	TECH/CHEM	-	1	N	1/2/94	1/4/94	NEW

PREPARE BY :_____

( )

Date_____

APPROVE BY :_____

( )

Date _____

EQUIPMENT LIST OF LABORATORY CALIBRATION

ITEM	DESCRIPTION	Series N0.	USER	POWER	QT'Y	CAL.		HISTORY		
				HP.	SET	Internal	External	RECEIVED DATE	WORKING DATE	STATUS
1	UNIVERSAL TESTING MACHINE (TENSILE-COMPRESSION)	A/8/300-100193	TECH/MECH	4.5 KW	1	Y	Y	1/2/94	1/4/94	NEW
	- RMU., ITALY (1.8 X 1.9)									
2	HARDNESS TESTER (0.18 X 0.60 m.)	61658	TECH/MECH	-	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- OFFICINE GALILEO., ITALY									
3	OPTICAL EMISSION SPECTROMETER	2460	TECH/CHEM/MECH	-	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	(METAL-ANALYZER) (1.36 X 0.85 m.)									
	- ARL FISONS., SWIRTZERLAND									
4	pH METER (0.22X 0.16 m.)	7970500010	TECH/CHEM	10 W	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	-HANNA INSTRUMENTS., PORTUGAL									
5	CONDUCTIVITY METER (0.22 X 0.16 m.)	373163010161	TECH/CHEM	-	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- HANNA INSTRUMENTS., PORTUGAL									
6	DIGITAL PHOTOMETER (0.15 X 0.161 m.)	373163010160	TECH/CHEM	35 W	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- DR. LANGE., GERMANY									
7	BALANCE (0.60 X 0.50 m.)	63299	TECH/CHEM	120 G	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	- GIBERTINI									
8	OXIGEN-NITROGEN ANALYZER	EMGA 620	TECH/CHEM	12 KVA	1	Y	N	1997	1997	NEW
	- HORIBA., JAPAN									
9	MICRO METER SERIEL No. 119202 MITUTOYO	119202								
	No. INSP01	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1/2/94	1994	NEW
	No. INSP02	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1/2/94	1994	NEW
	No. INSP03	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1997	5/2/97	NEW
	No. INSP04	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1997	5/2/97	NEW
	No. INSP05	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1997	5/2/97	NEW
	No. INSP06	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1999	2000	NEW
	No. INSP07	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1999	2000	NEW
	No. INSP08	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1999	2000	NEW
	No. INSP09	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1999	2000	NEW
	No. INSP10	119202	INSPECTER	-	1	Y	N	1999	2000	NEW
	No. MICR002	951443	TECH/MECH	-	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	No. MICR003	951443	TECH/MECH	-	1	Y	N	17/7/02	17/7/02	NEW
	No. MICR004	951443	TECH/MECH	-	1	Y	N	17/7/02	17/7/02	NEW
	No. MICR005	951443	TECH/MECH	-	1	Y	N	17/7/02	17/7/02	NEW
10	VERNEAR CALIPER MITUTOYO									
	No. VER001	951443	TECH/MECH	-	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	No. VER003	951443	TECH/MECH	-	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
	No. VER004	951443	TECH/MECH	-	1	Y	N	1/2/94	1/4/94	NEW
11	GAUGE BLOCK GRADE 00 (103 PCS) MITUTOYO		TECH/MECH	-	1	N	Y	1/2/94	1/4/94	NEW
12	MOBILE SPECTRO METER	7971100001	TECH/CHEM	-	1	Y	N	1997	1997	NEW
	- NORTH GLASS									
13	ZWICK BZSP400 UTM	146515/2000	TECH/MECM	SP400	1	Y	Y	23/11/00	23/11/00	NEW

PREPARE BY :_____ **APPROVE BY :**_____

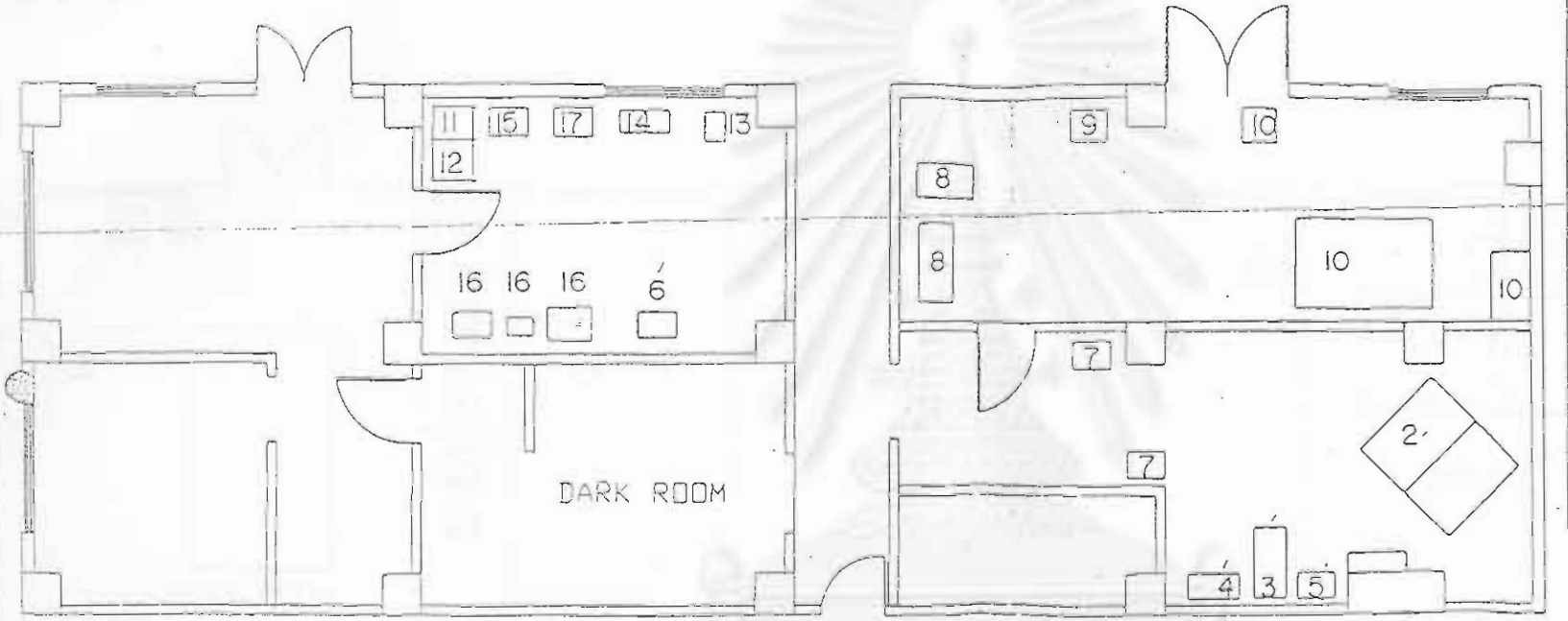
( ) ( )

Date_____ DATE _____

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการเครื่องมือของห้องปฏิบัติการทดสอบ

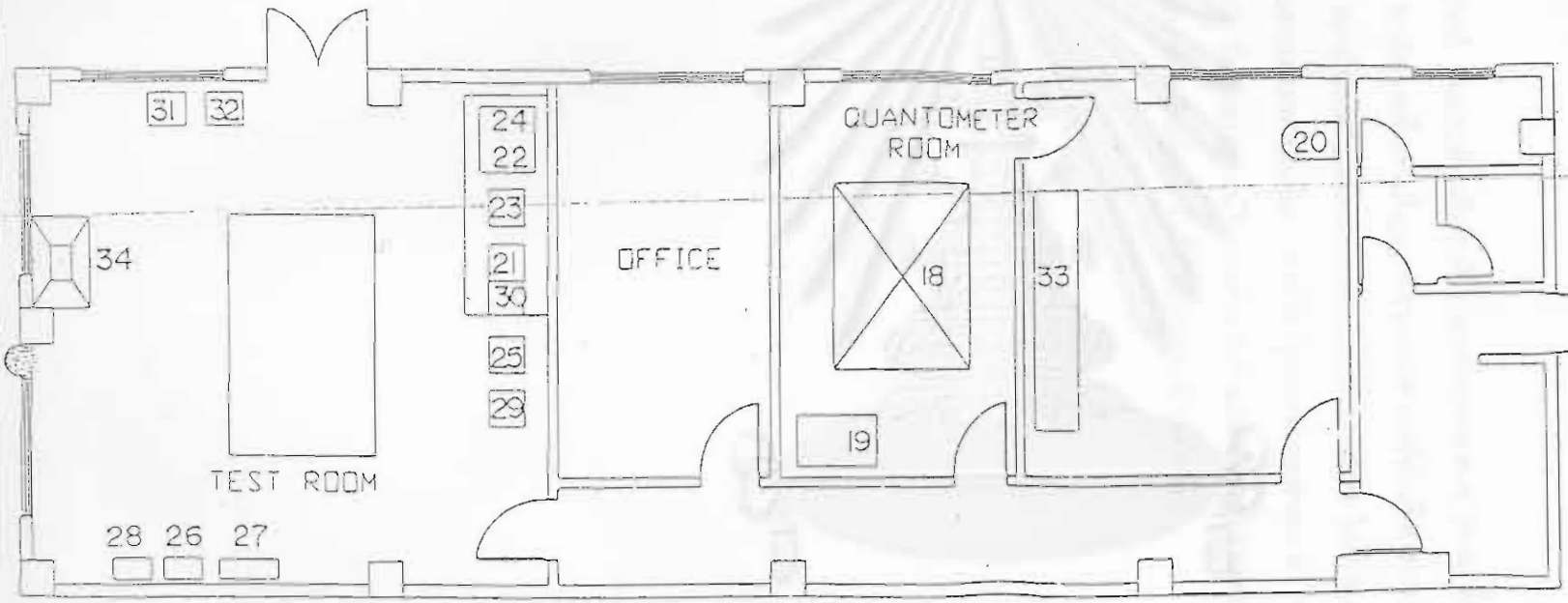
ITEM	DESCRIPTION
1	SHEARING MACHINE ON (HSM)
2	MAILLING MACHINE
3	SAWING MACHINE
4	FURFACE GRINDING MACHINE
5	GRINDING MACHINE
6	WET CUTTING MACHINE
7	BELT - ABRASIVE GRINDING -
	MACHINE
8	UNIVERSAL TESTTING - MACH.
9	HARDNESS TESTTER
10	IMPACT TESTTING MACHINE
11	PORTABLE HARDNESS -
	AFFRI , ITALY
12	PORTABLE HARDNESS -
	INSTRUMATIC , ENGLAND MODLE 3
13	AUTOMATIC MOUNTING PRESS
14	DOUBLE WHEEL POLISHER
15	AUTOMATIC UNIVERSAL POLISHER
16	METALLOGRAPHIC PHOTOMICROS -
	COPE COMPLEATE SET
17	PHONIC 4000



GROUND FLOOR AT LEL.± 0.000

HSM

LABORATORY



FIRST FLOOR AT LEV.+6.500

ITEM	DESCRIPTION	QTY
18	OPTICAL EMISSION SPECTTROMETER	1
19	C.A.S. ANALYZER	1
20	DRILLING MACHINE	1
21	AQUA METER	1
22	HPK - METER	1
23	CONDUCTIVITY METER	1
24	DIGITAL PHOTOMETER	1
25	ELETRIC FURNACE	1
26	CENTRIFUGAL MACHINE	1
27	FLOCCULATER	1
28	SAND HEATER	1
29	BALANCE GIBERTINI	1
30	BALANCE SARTORIUS	1
31	WATER BATH	1
32	VACUUM PUMP	1
33	OXIGEN NITROGEN ANALYZER	1
34	DOUBLE SUCTION HOOD	1

LABORATORY

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเชาวรัตน์ จั่นประดับ เกิดวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2516 ที่อำเภอหนองแขม จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปี พ.ศ. 2538 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2542 มีประสบการณ์ในการทำงานตำแหน่งวิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ และโลหะวิทยา บริษัท สหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน) จำกัด 8 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย