

การกำหนดวิธีการควบคุมการแปรผันของระบบการวัดด้วยเทคนิค GRR :
โรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

นาย สมภพ ตลับแก้ว



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974 - 635 - 527 - 9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DETERMINATION OF VARIATION CONTROLLING METHOD OF MEASUREMENT
SYSTEM BY GRR TECHNIQUES : ELECTRONIC PRODUCTS PLANT

Mr. Sompoap Talabgaew

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974 - 635 - 527 - 9

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



สมภพ ดลดิบแก้ว : การกำหนดวิธีการควบคุมการแปรผันของระบบการวัดด้วยเทคนิค GRR
: โรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (DETERMINATION OF VARIATION CONTROLLING
METHOD OF MEASUREMENT SYSTEM BY GRR TECHNIQUES : ELECTRONICS
PRODUCT PLANT) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร 208 หน้า.
ISBN 974 - 635 - 527 - 9

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดการแปรผันในระบบการวัด โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Gage Repeatability and Reproducibility (GRR) เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ จากการศึกษาการแปรผันของระบบการวัดจะพบว่าการแปรผันของระบบการวัดจะประกอบด้วย การแปรผันเนื่องจากกระบวนการผลิตจริงรวมกับการแปรผันเนื่องจากการวัดดังแสดงแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ $\sigma^2_{OBSERVE} = \sigma^2_{ACTUAL} + \sigma^2_{R\&R}$ และการแปรผันเนื่องจากการวัดจะประกอบด้วย การแปรผันเนื่องจากเครื่องมือวัดและพนักงานวัดดังแสดงแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ $\sigma^2_{R\&R} = \sigma^2_{EV} + \sigma^2_{AV}$ โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้วิจัยเครื่องมือวัด 5 ประเภทได้แก่ กล้องไมโครสโคป, เครื่องวัดความหนา, เครื่องเอ็กซ์เรย์, เวอร์เนียส คาลิเปอร์ และ ไมโครมิเตอร์ โดยมีหลักเกณฑ์การทดลองดังนี้

1. พนักงานวัดจำนวน 3 คน ต่อเครื่องมือวัด 1 เครื่อง
2. ชิ้นงานที่จะนำมาวัดมีจำนวน 8-10 ชิ้น ต่อ เครื่องมือวัด 1 เครื่อง
3. พนักงานวัด 1 คน ทำการวัดซ้ำ 2 ครั้ง

จากผลการวิจัยพบว่า เครื่องมือวัดประเภทที่แสดงผลแบบตัวเลข การแปรผันส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเนื่องจาก เครื่องมือวัด จึงได้ทำการปรับปรุง การสอบเทียบเครื่องมือวัด, วิธีการวัดอย่างถูกต้อง และการใช้งาน ส่วนเครื่องมือวัดประเภทเชิงกล การแปรผันส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับพนักงานวัด จึงได้ทำการปรับปรุง วิธีการทำงาน, วิธีการวัดอย่างถูกต้อง จากการปรับปรุงด้วยหลักการดังกล่าวทำให้เปอร์เซ็นต์การแปรผันของระบบการวัดในแต่ละเครื่องมือวัด มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องและอยู่ในเกณฑ์การยอมรับของทฤษฎี R&R

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

716547 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: MEASUREMENT SYSTEM / STATISTICAL TECHNIQUES

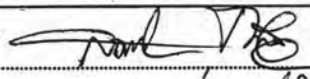
SOMPOAP TALABGAEW : DETERMINATION OF VARIATION CONTROLLING METHODS OF MEASUREMENT SYSTEM BY GRR TECHNIQUES : ELECTRONICS PRODUCTS PLANT. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. JANTANA JUNTARO. 208 pp. ISBN 974 - 635 - 527 - 9

The objectives of this research were to study the main factors that effect the measurement system variation by the techniques called Gage Repeatability and Reproducibility (GRR) . The study of the measurement system variation are composed of both actual process variation and measurement variation that showed the following mathematics model $\sigma^2_{OBSERVE} = \sigma^2_{ACTUAL} + \sigma^2_{R\&R}$, the measurement variation are composed of both equipment variation (EV) and appraisers variation (AV) that showed the following mathematics model $\sigma^2_{R\&R} = \sigma^2_{EV} + \sigma^2_{AV}$. This research studied five equipments which are Microscope,Thickcheck,CMI,Vernier caliper and Micrometer.These criteria of the experiment are

1. Three appraisers per one equipment.
2. Two times trial per each appraisers.
3. Eighth - ten pieces of parts per 1 equipment.

This research found that in using digital display equipment ,most of variation are equipment variation, so were improved equipment calibration ,appropriate method and gage using.Using the mechanical equipment ,most of variation are appraisers variation so were improved working method and measurement method.From these improvements,the percentage of R&R of each equipments are continuously decreased and % R&R are accepted in the GRR theory criteria.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อนิสิต 

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

คำชี้แจงการพิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์

ให้ปฏิบัติดังนี้

1. พิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ ความยาวไม่เกิน 1 หน้า ลงในกรอบสี่เหลี่ยมด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อ ที่บัณฑิตวิทยาลัยจะมอบให้เพียงแผ่นเดียวเท่านั้น (ดูตัวอย่างข้างล่าง)
2. ถ่ายสำเนาบทคัดย่อ ที่พิมพ์เสร็จแล้ว ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เรียงไว้หน้าบทคัดย่อของต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ทุกเล่ม
3. ส่งกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อ (ซึ่งได้พิมพ์บทคัดย่อ เรียบร้อยแล้ว) พร้อมด้วยสำเนา 1 ชุด ที่งานมาตรฐานการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย ในวันส่งต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ข้อแนะนำ

1. เพื่อป้องกันการผิดพลาดหรือชำรุด นิสิตควรทดลองพิมพ์ บทคัดย่อ ในกระดาษ A4 ซึ่งตีกรอบเท่าตัวอย่างให้ถูกต้องก่อนพิมพ์ลงด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อ
2. การพิมพ์ ชื่อผู้วิจัย ชื่อเรื่องภาษาไทย-อังกฤษ ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา จำนวนหน้า การเว้นระยะ การเว้นบรรทัด ให้ดูตัวอย่างข้างล่าง (ชื่อยศ ให้พิมพ์ต่อท้ายชื่อสกุลของผู้วิจัยคันด้วยเครื่องหมายจุลภาค ",")

ตัวอย่างการพิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ

## C626830	: MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD:	<i>Rhizophora apiculata</i> / PROPAGATION / TISSUE CULTURE / HYPOCOTYL CUTTING / MANGROVE
SARUNYA NALUMPANG :	PROPAGATION OF <i>Rhizophora apiculata</i> Blume. BY TISSUE CULTURE AND HYPOCOTYL CUTTING TECHNIQUES. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. PIPAT PATANAPONPAIBOON, Ph.D. THESIS COADVISOR : ASSO. PROF. PRASARTPORN SMITAMANA, Ph.D. 90 pp. ISBN 974-634-954-6.
	Shoot tips, nodes, embryos, hypocotyls and leaf discs from mangrove (<i>Rhizophora apiculata</i> Blume.) were cultured on the following media : Gauthere (1942), Hilderbrandt, Riker & Dauggar (1946), Heller (1953), Nitsch & Nitsch (1956) and Murashige & Skoog (1962) supplemented with various form of auxins (IAA, IBA, NAA, 2, 4-D) and cytokinins (BAP, kinetin) at 4 different concentrations (0, 2, 5 and 10 ppm.). All of the media used in the studies revealed the same results that rapid browning of the cultured tissues could be observed. No callus formation or further development of the tissues could be obtained. Though the adding of 0.5% PVP to the liquid MS medium, shook at 75 rpm on the rotary shaker and daily sub-culture could prolong the browning of the tissue which some development of the leaves from the shoot tip could be noticed, however, no real plantlet could be obtained.
	Studies on the effects of auxins on the root and shoot promoting of the mangrove's seedlings were done by cutting the seedlings into 3 parts : top, middle and bottom. Each part were then dipped in either forms of auxins : IAA, IBA and NAA at the concentration of 500, 1,000, 2,000, 4,000 and 6,000 ppm. None auxin treated seedlings' parts were used as control group. The results showed that auxin at 2,000 ppm. could promote the better root development than other concentrations. The root enhancement of the top and bottom parts of the seedling were found when the IBA was applied, whereas the middle part of the seedling gave the better responded to IAA. Only IAA explicated the best action for the shoot development with the concentration of 2,000 ppm. on the top and bottom parts and 1,000 ppm. on the middle part. Furthermore, on the root development in the shoot derived from the cutting , IBA (500 ppm.) gave the best stimulation on the top part and IAA (1,000 ppm.) revealed the highest action to the middle and bottom parts of the seedlings.
	แนวกรอบสี่เหลี่ยมสำหรับพิมพ์ข้อความ
	เว้นระยะ 1 บรรทัด
	เว้นระยะ 2 บรรทัด
	แนวพิมพ์ชื่อผู้วิจัย ชื่อวิทยานิพนธ์ ชื่อ อ.ที่ปรึกษา จำนวนหน้าและ ISBN
	แนวพิมพ์ KEY WORD
	แนวพิมพ์เลขประจำตัวนิสิตและ MAJOR

กิตติกรรมประกาศ

ในงานศึกษาวิจัยนี้ ผู้เขียนขอกราบพระคุณอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ แก้ไขและชี้แนะแนวทางในการทำวิจัยด้วยดี
การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยดีเพราะผู้เขียนได้รับความเอื้อเฟื้อจาก คุณ นิกร ชัยเพชร
ในการจัดส่งตำราจากประเทศ สหรัฐอเมริกาสำหรับใช้ประกอบในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ และ
คุณ ประจักษ์ มณีมงคล ที่ได้ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วง

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ประธานกรรมการ
สอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ คำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย และ อาจารย์ ประเสริฐ อัครประดม
พงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความเรียบร้อยสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาของผู้เขียนที่ได้ให้การสนับสนุน
และให้กำลังใจแก่ผู้เขียนตลอดมา และขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือที่มีได้เอื้อ
นามมาในนี้

นาย สมภพ ตลับแก้ว

มีนาคม 2540

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 หลักการและเหตุผล.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	4
1.7 การสำรวจงานวิจัย.....	5
2. ทฤษฎีการวัด, Gauge Repeatability and Reproducibility(GRR) และ การวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	
2.1 การวัดละเอียดในงานวิศวกรรม.....	8
2.2 การวัด(Gauging).....	13
2.3 Gage Repeatability and Reproducibility.....	14
3. ระบบการผลิตของโรงงานตัวอย่าง.....	
3.1 การจัดองค์กร.....	29
3.2 การศึกษาการจัดองค์กรส่วนงานคุณภาพ.....	31
3.3 วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต.....	33
3.4 การดำเนินการผลิตแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า.....	33
3.5 ขั้นตอนการผลิต Double Side PCB.....	33
3.6 การทำ INNER LAYER.....	35

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
4.	เครื่องมือวัดที่ทำการทดลอง GRR.....	
	4.1 กล้องไมโครสโคป(MICROSCOPE).....	40
	4.2 เครื่องวัดความหนา(THICK-CHECK).....	44
	4.3 เครื่องวัดความหนาของโลหะเคลือบบางๆ (COATING MEASUREMENT INSTRUMENT : CMI).....	46
	4.4 เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์(VERNIER CALIPER).....	52
	4.5 ไมโครมิเตอร์ (MICROMETER).....	59
5.	การวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยเทคนิค GRR.....	
	5.1 กล้องไมโครสโคป(MICROSCOPE).....	66
	5.2 เครื่องวัดความหนา(THICKCHECK).....	74
	5.3 เครื่องวัดความหนาของโลหะเคลือบบางๆ(CMI).....	82
	5.4 เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์(VERNIER CALIPPER).....	91
	5.5 ไมโครมิเตอร์(MICROMETER).....	98
6.	การวิเคราะห์ผลของระบบการวัดหลังการปรับปรุง.....	
	6.1 กล้องไมโครสโคป(MICROSCOPE).....	105
	6.2 เครื่องวัดความหนา(THICKCHECK).....	116
	6.3 เครื่องวัดความหนาของโลหะเคลือบบางๆ(CMI).....	127
	6.4 เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์(VERNIER CALIPPER).....	141
	6.5 ไมโครมิเตอร์(MICROMETER).....	152
	6.6 การเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนและหลังการปรับปรุง.....	164
	6.7 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระหว่างเทคนิค GRR และ ANOVA.....	170
7.	การควบคุมการแปรผันของระบบการวัดและข้อเสนอแนะ.....	
	7.1 วิธีการควบคุมการแปรผันของเครื่องมือวัด.....	179
	7.2 วิธีการควบคุมการแปรผันของวิธีการวัด.....	194
	7.3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ.....	199

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	200
ภาคผนวก ก ความสัมพันธ์ของความสามารถกระบวนการและR&R.....	202
ภาคผนวก ข แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับ VARIABLE STUDY โดยใช้ ANOVA.....	204
ภาคผนวก ค ตารางแสดงการหา d^*2	207
ประวัติผู้เขียน.....	208

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA.....	16
2.2 แสดงตัวอย่างการบันทึกผลการวัด.....	23
2.3 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ผลตามทฤษฎี GRR	25
4.1 แสดงการเลือกวิธีการวัดความหนาโลหะเคลือบ.....	49
4.2 ชนิดของช่องสเกลเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์.....	56
4.3 แสดงชนิดของไมโครมิเตอร์.....	61
4.4 แสดงแรงวัดที่กำหนดโดย JIS.....	62
5.1 แสดงข้อมูลการวัด(กล้องไมโครสโคป).....	67
5.2 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(กล้องไมโครสโคป).....	69
5.3แสดงข้อมูลการวัด(เครื่องวัดความหนา).....	75
5.4 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(เครื่องวัดความหนา).....	77
5.5 แสดงขนาดบอร์ดที่มีผลต่อการวัดความหนา.....	80
5.6 แสดงค่าความหนาในการวัดบอร์ดที่โก่ง.....	81
5.7 แสดงข้อมูลการวัด(CMI).....	83
5.8 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(CMI).....	85
5.9 แสดงข้อมูลการวัด(เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์).....	92
5.10 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์).....	94
5.11 แสดงข้อมูลการวัด(ไมโครมิเตอร์).....	99
5.12 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(ไมโครมิเตอร์).....	101
6.1.แสดงข้อมูลการวัด(กล้องไมโครสโคป 1).....	106
6.2 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(กล้องไมโครสโคป 1).....	108
6.3 แสดงข้อมูลการวัด(กล้องไมโครสโคป 2).....	109
6.4 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(กล้องไมโครสโคป 2).....	111
6.5 แสดงข้อมูลการวัด(กล้องไมโครสโคป 3).....	112
6.6 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(กล้องไมโครสโคป 3).....	114

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.7 แสดงข้อมูลการวัด(เครื่องวัดความหนา 1).....	117
6.8 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(เครื่องวัดความหนา 1).....	119
6.9 แสดงข้อมูลการวัด(เครื่องวัดความหนา 2).....	120
6.10 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(เครื่องวัดความหนา 2).....	122
6.11 แสดงข้อมูลการวัด(เครื่องวัดความหนา 3).....	123
6.12 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(เครื่องวัดความหนา 3).....	125
6.13 แสดงข้อมูลการวัด(CMI 1).....	129
6.14 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(CMI 1).....	131
6.15 แสดงข้อมูลการวัด(CMI 2).....	132
6.16 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(CMI 2).....	134
6.17 แสดงข้อมูลการวัด(CMI 3).....	135
6.18 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(CMI 3).....	137
6.19 แสดงข้อมูลการวัด(เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ 1).....	142
6.20 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ 1).....	144
6.21 แสดงข้อมูลการวัด(เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ 2).....	145
6.22 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ 2).....	147
6.23 แสดงข้อมูลการวัด(เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ 3).....	148
6.24 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ 3).....	150
6.25 แสดงข้อมูลการวัด(ไมโครมิเตอร์ 1).....	154
6.26 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(ไมโครมิเตอร์ 1).....	156
6.27 แสดงข้อมูลการวัด(ไมโครมิเตอร์ 2).....	157
6.28 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(ไมโครมิเตอร์ 2).....	158
6.29 แสดงข้อมูลการวัด(ไมโครมิเตอร์ 3).....	160
6.30 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัด(ไมโครมิเตอร์ 3).....	162
6.31 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนและหลังการปรับปรุง.....	164
6.32 แสดงการเปรียบเทียบ %R&R และ $\sigma_{R\&R}$ (กล่องไมโครสโคป).....	165
6.33 แสดงการเปรียบเทียบ %R&R และ $\sigma_{R\&R}$ (เครื่องวัดความหนา).....	166

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.34 แสดงการเปรียบเทียบ %R&R และ $\sigma_{R\&R}$ (CMI).....	167
6.35 แสดงการเปรียบเทียบ %R&R และ $\sigma_{R\&R}$ (เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์).....	168
6.36 แสดงการเปรียบเทียบ %R&R และ $\sigma_{R\&R}$ (ไมโครมิเตอร์).....	169
6.37 แสดงการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	171
6.38 แสดงการคำนวณ %การแปรผันแต่ละสาเหตุ.....	172
6.39 แสดง ANOVA TABLE (กลิ้งไมโครสโคป).....	173
6.40 แสดง ANOVA TABLE (เครื่องวัดความหนา).....	174
6.41 แสดง ANOVA TABLE (เครื่อง CMI).....	175
6.42 แสดง ANOVA TABLE (เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์).....	176
6.43 แสดง ANOVA TABLE (ไมโครมิเตอร์).....	177
6.44 แสดงการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	178
7.1 แสดงรายละเอียดเครื่องมือวัดที่ทำการศึกษา.....	180
7.2 แสดงมาตรฐานการควบคุมสถานะแวดล้อมของระบบการวัด.....	181
7.3 แสดงผลการวัดที่เกิดขึ้นเนื่องจากสถานะแวดล้อมเปลี่ยน.....	182

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการวัดแบบวางขนานกัน.....	12
2.2 แสดงการวัดแบบวางตามกัน.....	12
2.3 แสดงการกระจายตามทฤษฎี Repeatability.....	14
2.4 แสดงการกระจายตามทฤษฎี Reproducibility.....	16
3.1 แสดงการจัดแผนผังองค์กรของโรงงานตัวอย่าง.....	30
3.2 แสดงการจัดแผนผังองค์กรของส่วนวิศวกรรมคุณภาพ.....	32
3.3 แสดงการไหลของกระบวนการผลิต.....	37
4.1 แสดงการใช้งานกล้อง Stereo Microscope.....	41
4.2 แสดงการใช้งานกล้อง Metallurgical Microscope.....	42
4.3 แสดงโครงสร้างเครื่องวัดความหนา.....	44
4.4 แสดงหลักการทำงานวิธี X-ray Fluorescence.....	46
4.5 แสดงหลักการทำงานวิธี Eddy Current.....	47
4.6 แสดงหลักการทำงานวิธี Magnetic Induction.....	48
4.7 กราฟแสดงความหนาของบริเวณตำแหน่งต่างๆ.....	51
4.8 แสดงโครงสร้างเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ชนิด M.....	52
4.9 แสดงโครงสร้างเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ชนิด CB.....	53
4.10 แสดงโครงสร้างเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ชนิด CM.....	54
4.11 แสดงหลักการของเวอร์เนียร์ (1).....	55
4.12 แสดงหลักการของเวอร์เนียร์ (2).....	55
4.13 แสดงการอ่านค่า(1).....	56
4.14 แสดงการอ่านค่า(2).....	57
4.15 แสดงแรงกดในการวัด.....	57
4.16 แสดงวิธีการวัด.....	58
4.17 แสดงการจับชิ้นงาน.....	58
4.18 แสดงระดับของสายตาในขณะที่วัด.....	58
4.19 แสดงโครงสร้างไมโครมิเตอร์ชนิดวัดภายนอก.....	59

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 แสดงวิธีการอ่านค่า.....	60
4.21 แสดงโครงสร้างแรทเซตสโตป(Ratsetstop).....	61
4.22 แสดงโครงสร้างฟริกชันสโตป(Frictionstop).....	62
4.23 แสดงวิธีการตรวจสอบจุดศูนย์.....	63
4.24 แสดงวิธีการปรับค่าจุดศูนย์(1).....	64
4.25 แสดงวิธีการปรับค่าจุดศูนย์(2).....	64
5.1 แสดงการจับไมโครมิเตอร์ที่ไม่ถูกวิธี.....	104
6.1 แสดงหน้าจอของเครื่อง CMI.....	128
6.2 แสดงการจับไมโครมิเตอร์อย่างถูกวิธี.....	152
6.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ %R&R ก่อนและหลังการปรับปรุง (กล้องไมโครสโคป).....	165
6.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ $\sigma_{R\&R}$ ก่อนและหลังการปรับปรุง (กล้องไมโครสโคป).....	165
6.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ %R&R ก่อนและหลังการปรับปรุง (เครื่องวัดความหนา).....	166
6.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ $\sigma_{R\&R}$ ก่อนและหลังการปรับปรุง (เครื่องวัดความหนา).....	166
6.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ %R&R ก่อนและหลังการปรับปรุง(CMI).....	167
6.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ $\sigma_{R\&R}$ ก่อนและหลังการปรับปรุง(CMI).....	167
6.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ %R&R ก่อนและหลังการปรับปรุง (เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์).....	168
6.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ $\sigma_{R\&R}$ ก่อนและหลังการปรับปรุง (เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์).....	168
6.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ %R&R ก่อนและหลังการปรับปรุง (ไมโครมิเตอร์).....	169
6.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ $\sigma_{R\&R}$ ก่อนและหลังการปรับปรุง (ไมโครมิเตอร์).....	169