การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

นาย ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศกรรมศาตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 947-347-145-6

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPLEMENTATION OF MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS FOR EQUIPMENT USED IN THE AUTOMOTIVE PARTS ASSEMBLY

MR. CHINNAWUT SATIRAWUTTIPONG

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 2000
ISBN 974-347-145-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนรถยนต์
โดย	นาย ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญ บุญดีสกุลโชค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์ : การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนรถยนต์. (IMPLEMENTION OF MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS FOR EQUIPMENT USED IN THE AUTOMOTIVE PARTS ASSEMBLY) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 388 หน้า. ISBN 974-347-145-6

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและขนาดของความผันแปรในระบบการวัด ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เป็นอยู่และทำการลดและควบคุมความผันแปรเพื่อปรับปรุงระบบการวัด โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy) และ การวิเคราะห์ความแม่นยำ (Precision) โดยเลือกเครื่องมือที่การประเมินจำนวน 22 เครื่องมือ แบ่งเป็นเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดจำนวน 12 เครื่องมือ และเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับจำนวน 10 เครื่องมือ ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ความถูกต้อง ประกอบด้วย การวิเคราะห์ความเอนเอียงเพื่อประเมินความถูกต้องในสภาวะปัจจุบัน พบว่าเครื่องมือวัดทุกเครื่องมือมีค่า % เอนเอียง < 10 % ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน QS –9000 การประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรง เป็นการศึกษาเพื่อทำการหาย่านวัดของเครื่องมือวัดที่มีถูกต้องและเที่ยงตรงที่สุด จากผลการประเมินพบว่าเครื่องมือวัดทั้งหมดไม่สามารถใช้งานได้ตลอดย่านวัดที่ระบุบนเครื่องมือ จึงได้ทำการกำหนดเป็นมาตรฐานการใช้งาน และการประเมินความมีเสถียรภาพโดยใช้วิธีแผนภูมิควบคุม เป็นการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เครื่องมือเสื่อมสภาพ จำเป็นต้องได้รับการสอบเทียบใหม่ โดยผลจากการประเมินพบว่าเครื่องมือวัดส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานนานกว่าระยะเวลาการสอบเทียบครั้งต่อไป ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ความแม่นยำแบ่งออกเป็น เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด และเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ ผลการประเมินพบว่าเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในการประเมิน 12 เครื่องมือ มีค่า % GR&R เกินกว่ามาตรฐานกำหนดทั้งสิ้น โดยมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากพนักงานวัดเป็นหลัก จึงได้ดำเนินปรับปรุงแก้ไขตามสาเหตุที่ได้วิเคราะห์ พร้อมจัดทำคู่มือและมาตรฐานการใช้งาน จนระบบการวัดมีที่ GR&R < 10 % ส่วนการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับประกอบด้วยเครื่องมือ 10 เครื่องมือ พบว่าการใช้เครื่องมือวัดส่วนใหญ่มีปัญหาด้านความถูกต้องและความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขและจัดคู่มือทำมาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงาน จนระบบวัดดังกล่าวมีค่าความสามารถในการวัดซ้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ

ภาควิชา .....วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา .....วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา .....2543..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4270296221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD:

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS / REPEATABILITY/ REPRODUCIBILITY

CHINNAWUT SATIRAWUTTIPONG : IMPLEMENTATION OF MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS FOR EQUIPMENT USED IN THE AUTOMOTIVE PARTS ASSEBLY.THESIS ADVISOR: ASSO. PROF. DAMRONG THAVEESAENGSKULTHAI. 388 pp. ISBN 974-347-145-6

The objective of this research were to study type and range of variations in measurement system which perform under real existing environment and another object was to reduce and control variations for improvement of the measurement system.

This research is consisted of 2 sections. Section 1, analysis in accuracy and precision, using evaluation equipment 22 items. Twelve items are variable equipments, ten items are attribute equipments.

The accuracy analysis is composed of , first the bias analysis the evaluation of variable equipments' accuracy has been performed. .And the result show that all variable equipments have percentage of bias less than 10% and under approved constraints by using QS-9000 standard . Second, linearity analysis that determine accuracy and precise working range of variable equipments. The results of the evaluation shown that all equipments can't work in all identified working range , therefore was standard for working was determined.

Thirdly, the stability analysis , to determined the deterioration of measurement equipments by control chart. The results of these step found that measure equipment can be use after next calibration.

Section 2 , the analysis precision for measurement system ,variable and attribute equipment. From evaluation was found that all 12 variable equipments have % GR&R more than determined standard due to measurable operator .As a result , a correctiveand operation analysis had been developed to ensure the measurement system has %GR&R less than 10%.

In case of 10 attribute equipments , for analysis was found that most attribute equiptment have percentage of bias and repeatability effectiveness less that 100%. As a result , researcher had develop a set of corrective list and manual inspection look to ensure that measurement system have approved satisfaction constraints of mesurement system.000

Department.....Industrail Engineering.. Student's signature .....

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

Academic year.....2543..... Co-advisor's signature.....

กิตติประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ของ รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาสละเวลาให้คำแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์อย่างสม่ำเสมอ ตลอดจนคณาจารย์ที่ร่วมเป็นประธานกรรมการ และ กรรมการ ในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญ บุญดีสกุลโชค ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช ที่กรุณาให้ข้อแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัย อันเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้ ตลอดจนบุคคลในครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…… ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…….. จ
กิตติกรรมประกาศ…… ฉ
สารบัญ…….. ช
สารบัญตาราง…… ฎ
สารบัญภาพ…….. ฑ
บทที่
1 บทนำ…….. 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา…… 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย…….. 4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย…….. 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย…… 5
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน……6
2 แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง…….. 7
2.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดและการประกันคุณภาพ…… 7
2.2 การวิเคราะห์ความผันแปรในระบบการวัด…… 9
2.2.1 การประเมินค่าเอนเอียง…… 9
2.2.2 การประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรง…….... 10
2.2.3 การประเมินความมีเสถียรภาพ……. 12
2.2.4 การตีความหมายแผนภูมิควบคุม…….. 13
2.2.5 การประเมินค่า Gage Repeatability and Reproducibility….. 15
2.2.6 การศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่าง…… 17
2.2.7 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลวัด…… 19
2.2.8 การประเมินค่า Gage Repeatability and Reproducibility ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ…… 20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 การเลือกใช้เครื่องมือวัด..... 23
2.4 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 28
3 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงานและระบบการผลิต..... 34
3.1 การจัดองค์กร..... 34
3.2 ผังองค์กร..... 45
3.3 กรรมวิธีการผลิต..... 47
4 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย..... 57
4.1 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด..... 59
4.2 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ..... 64
5 การวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด..... 68
5.1 การวิเคราะห์ค่าเอนเอียง..... 68
5.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรง..... 74
5.3 การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูล..... 85
5.3.1 ประเมินผลความมีเสถียรภาพข้อมูลวัด..... 85
5.3.2 การวิเคราะห์สาเหตุความผิดปกติของค่าวัด ในแผนภูมิควบคุม..... 91
6 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด..... 97
6.1 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด..... 97
6.1.1 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 103
6.1.2 เวอร์เนียร์ไฮเกจ..... 107
6.1.3 เวอร์เนียร์วัดระยะรู..... 109
6.1.4 ไมโครมิเตอร์..... 112.
6.1.5 ไดอัลเกจ..... 115
6.1.6 ไดอัลเกจวัดความหนา..... 118
6.1.7 เครื่องวัดแรงดึง..... 119
6.1.8 เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ..... 121
6.1.9 เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก..... 124
6.1.10 เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์..... 126

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.1.11 เครื่องทดสอบความแข็งยาง..... 128
6.1.12 เครื่องทดสอบความแข็ง..... 130
6.2 การวิเคราะห์ระบบกาวัดสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ..... 133
7 การวิเคราะห์ระบบการวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไข..... 145
7.1 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด..... 145
7.1.1 การวิเคราะห์ผลหลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1..... 146
7.1.2 การวิเคราะห์ผลหลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 2..... 163
7.1.3 การวิเคราะห์ผลหลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 3 168
7.1.4 การวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดในตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่าง..... 172
7.2 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ 177
8 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 184
8.1 สรุปผลการดำเนินงาน..... 184
8.1.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบวัด..... 184
8.1.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบวัด..... 188
8.2 ข้อเสนอแนะ
8.2.1 ชิ้นงานทดสอบ..... 192
8.2.2 การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ..... 192
8.2.3 การดำเนินการสำหรับเครื่องมือวัดใหม่และชำรุด..... 193
8.2.4 การรักษาระดับมาตรฐานการตรวจสอบ..... 193
รายการอ้างอิง..... 197
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก อธิบายคำศัพท์..... 199
ภาคผนวก ข ตารางค่าที่ใช้ในการคำนวณ..... 203
ภาคผนวก ค แผนภูมิควบคุมที่แสดงความผิดปกติในการประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องของเครื่องมือวัด..... 208
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด..... 240
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ..... 330

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติผู้วิจัย..... 388

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1.1 แสดงข้อมูลปริมาณชิ้นงานส่วนนำเข้าที่ไม่ได้คุณภาพหลังผ่านการตรวจสอบจากส่วนนำเข้า..... 4

2.1 ตาราง ANOVA สำหรับทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบเชิงเส้นตรง..... 11

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง r กับจำนวนประเภทของข้อมูล..... 19

4.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในการศึกษาวิจัย..... 59

4.2 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับที่ใช้ในการศึกษาวิจัย..... 64

5.1 สรุปผลการประเมินคุณสมบัติด้านเอนเอียงของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการศึกษา..... 73

5.2 บันทึกผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 76

5.3 การคำนวณค่าผลรวมกำลังสองของผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 76

5.4 ตาราง ANOVA เพื่อการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 78

5.5 บันทึกผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องทดสอบความแข็ง..... 80

5.6 การคำนวณค่าผลรวมกำลังสองของผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องทดสอบความแข็ง..... 80

5.7 ตาราง ANOVA เพื่อการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยของเครื่องทดสอบความแข็ง..... 82

5.8 สรุปผลการคำนวณย่านวัดที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับย่านวัดที่ระบุบนเครื่องมือวัด..... 83

5.9 แสดงค่าพิกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมเดือนมิถุนายนของเครื่องมือวัด..... 90

5.10 แสดงการคำนวณค่า GR&R ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์เมื่อเสื่อมสภาพ..... 93

5.11 แสดงค่า %GR&R เมื่อเครื่องมือวัดเสื่อมสภาพ..... 95

5.12 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่เครื่องมือวัดได้รับการสอบเทียบแบบเดิมกับแบบประเมินด้วยแผนภูมิควบคุม..... 96

6.1 แสดงการคำนวณค่า GR&R ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 100

6.2 แสดงการคำนวณค่า GR&R ของเวอร์เนียร์ไฮเกจ..... 101

6.3 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดด้วยวิธี GR&R..... 102

6.4 ผลการทดลองคุณภาพงานในระยะสั้นของ Rivet C/Fก่อนการปรับปรุง..... 137

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

6.5 การประเมินประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบ Rivet ก่อนการปรับปรุง..... 138

6.6 ผลการทดลองคุณภาพงานในระยะสั้นของ Bracket Support Cable C/F ก่อนการปรับปรุง..... 141

6.7 การประเมินประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบ Bracket Support Cable C/F ก่อนการปรับปรุง..... 142

6.8 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ..... 143

6.9 สรุปปัญหาของระบบการตรวจชิ้นงานด้วย Checking Fixture..... 143

7.1 แสดงการคำนวณ GR&R ของ เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1)..... 146

7.2 แสดงการคำนวณ GR&R ของ เวอร์เนียร์ไฮเกจ (หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1)..... 147

7.3 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด หลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1..... 148

7.4 แสดงการคำนวณ GR&R ของ เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (หลังการปรับปรุงครั้งที่ 2)..... 163

7.5 แสดงการคำนวณ GR&R ของ เวอร์เนียร์ไฮเกจ (หลังการปรับปรุงครั้งที่ 2)..... 164

7.6 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด หลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2..... 165

7.7 แสดงการคำนวณ GR&R ของ เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (หลังการปรับปรุงครั้งที่ 3)..... 168

7.8 แสดงการคำนวณ GR&R ของ เวอร์เนียร์ไฮเกจ (หลังการปรับปรุงครั้งที่ 3)..... 169

7.9 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด หลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 170

7.10 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด หลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไข..... 171

7.11 บันทึกผลการทดลองคุณภาพงานในระยะสั้นของ Bracket Suppot Cable C/F หลังการปรับปรุง..... 180

7.12 การประเมินผลประสิทธิผลระบบตรวจสอบของ Bracket Suppot Cable หลังการปรับปรุง..... 181

7.13 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ..... 182

8.1 สรุปผลการประเมินคุณสมบัติด้านเอนเอียงของเครื่องมือวัดที่ใช้ศึกษา 185

8.2 สรุปผลย่านวัดที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับย่านวัดที่ระบุบนเครื่องมือวัด..... 186

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

8.3 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่เครื่องมือวัดได้รับการสอบเทียบแบบเดิม กับแบบประเมินด้วยแผนภูมิควบคุม..... 187

8.4 เปรียบเทียบ % GR&R ก่อนดำเนินการปรับปรุงและหลังดำเนินการปรับปรุง สำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด..... 189

8.5 สรุปสาเหตุปัญหาของระบบการตรวจสอบชิ้นงานด้วย Checking Fixture..... 190

8.6 การเปรียบผลการประเมินสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับก่อน และหลังการปรับปรุง 191

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 ความผันแปรในระบบการผลิต..... 7

2.2 แสดงคุณสมบัติเชิงเส้นตรง..... 10

2.3 ความหมายของคุณสมบัติด้านเสถียรภาพของระบบการวัด..... 12

2.4 ตัวแบบของความไม่สุ่ม..... 13

2.5 ตัวแบบของข้อมูลที่มิได้มีตัวแบบปกติ..... 14

2.6 ความผันแปรที่มากกว่าความผันแปรจากธรรมชาติ..... 15

2.7 แสดงลักษณะความผันแปรแบบความทวนซ้ำได้..... 15

2.8 แสดงลักษณะความผันแปรแบบความทำซ้ำได..... 16

2.9 แสดงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ $\pm$ 0.1 มิลลิเมตร..... 26

2.10 แสดงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ $\pm$ 1% 24

2.11 แสดงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ $\pm$ 0.3 มิลลิเมตร..... 25

2.12 ตัวอย่างของไดอะแกรมแสดงความคลาดเคลื่อนของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
หรือ เกจวัดความลึกที่ช่วงการวัด 0 ถึง 150 มิลลิเมตร..... 26

3.1 แผนผังองค์กรของบริษัท..... 45

3.2 แผนผังองค์กรของแผนกประกันคุณภาพ..... 46

5.1 แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ สำหรับการประเมินค่าไบอัสของ
เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ 71

5.2 กราฟเส้นถดถอยแสดงคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 78

5.3 กราฟเส้นถดถอยแสดงคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องวัดทดสอบความแข็ง..... 82

5.4 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเสถียรภาพ..... 87

5.5 แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ สำหรับประเมินความมีเสถียรภาพเดือนมิถุนายนของ
เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 88

6.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแม่นยำด้วยวิธี GR&R..... 99

7.1 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 172

7.2 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ เวอร์เนียร์ไฮเกจ..... 172

7.3 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ เวอร์เนียร์วัดระยะรู..... 173

7.4 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ ไมโครมิเตอร์..... 173.

7.5 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ ไดอัลเกจ..... 173

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

7.6 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ ไดอัลเกจวัดความหนา..... 174

7.7 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ เครื่องวัดแรงดึง..... 174

7.8 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ เครื่องวัดขนาดาชิ้นงานแบบ 3 มิติ..... 174

7.9 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก..... 175

7.10 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์..... 175

7.11 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ เครื่องทดสอบความแข็งยาง 175

7.12 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานวัดที่ใช้ เครื่องทดสอบความแข็ง..... 176

8.1 แสดงขั้นตอนการจัดการเครื่องมือวัด..... 195

8.2 แสดงการจัดการระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด..... 196

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ปัจจุบันมีการแข่งกันสูงเนื่องจากตลาดอุตสาหกรรมรถยนต์มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง อัตราการผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โรงงานผลิตชิ้นส่วนจำเป็นจะต้องทำการผลิตให้เพียงพอเพื่อสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ รวมทั้งต้องทำการพัฒนาระบบการผลิต ตลอดจนระบบการตรวจสอบเพื่อให้สามารถผลิตชิ้นส่วนที่มีคุณภาพตรงกับความต้องการของลูกค้า ระบบการวัดนับว่าเป็นกลไกหนึ่งของระบบการตรวจสอบและมีบทบาทสำคัญที่สำคัญในการช่วยอำนวยให้งานบรรลุเป้าหมาย ตลอดจนบ่งชี้ถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นและจะนำไปวิเคราะห์ถึงสาเหตุเพื่อปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตต่อไป คุณภาพของระบบการวัดจึงเป็นสิ่งสำคัญหากมีคุณภาพต่ำเกินไป จะทำให้ไม่สามารถตรวจสอบหรือบ่งชี้คุณภาพที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์นั้นได้ ดังนั้นระบบการวัดที่ดีจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องและเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า

สำหรับแผนกที่ทำการพัฒนาระบบการวัดนั้น เป็นแผนกตรวจสอบซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน สังกัดแผนกประกันคุณภาพได้แก่ ส่วนนำเข้าซึ่งจะทำการตรวจสอบสำหรับชิ้นส่วนที่จะนำไปใช้ในการผลิตและส่วนห้องตรวจสอบซึ่งจะทำการตรวจสอบชิ้นส่วนที่โรงงานผลิต โดยเลือกทำการศึกษาชิ้นส่วนที่ใช้เป็นส่วนประกอบ Slide Recliner ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับเลื่อนระยะห่างและมุมเอียงของเบาะนั่งรถยนต์ ให้เหมาะสมกับผู้ขับขี่ อุปกรณ์ดังกล่าวจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการขนาดที่ถูกต้องตามมาตรฐาน เพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่และจัดเป็นชิ้นส่วนที่ปลอดภัย (Safety Part) ดังนั้นระบบการวัดจะต้องสามารถกลั่นกรองชิ้นส่วนที่มีคุณภาพเข้าสู่สายการผลิตและตรวจจับผลิตภัณฑ์ที่มีความบกพร่องก่อนส่งมอบให้ลูกค้าเพื่อลดปริมาณการส่งสินค้าคืน (Claim)ของลูกค้า นำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตและเพื่อการประกันคุณภาพของชิ้นงาน

ปัจจุบันบริษัทประสบกับปัญหาเกี่ยวกับการตรวจสอบสามารถแบ่งได้ 2 ส่วน

1. ส่วนนำเข้า(Incoming Section)ทำหน้าที่ตรวจสอบชิ้นส่วนนำเข้าเพื่อนำไปใช้ในสายการผลิต พบว่าชิ้นส่วนนำเข้ามีคุณภาพไม่ตรงตามข้อกำหนดเป็นจำนวนมากขณะทำการผลิตซึ่งตรวจพบหลังผ่านการตรวจสอบจากส่วนนำเข้าแล้ว ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีคุณภาพและต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น

2. ส่วนตรวจสอบ(Inspection Section)ทำหน้าที่ให้การตรวจสอบผลิตภัณฑ์หลังทำการผลิตก่อนส่งมอบให้ลูกค้า ระบบการตรวจสอบยังไม่สามารถตรวจจับความบกพร่องของชิ้นงานเท่าที่ควร ปริมาณการส่งสินค้าคืน(Claim)ของลูกค้ายังอยู่ในปริมาณที่สูง

ระบบวัดที่มีอยู่ยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้าโดยขาดการวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อหาสาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากระบบการวัด พร้อมทั้งควบคุมปัจจัยได้แก่ พนักงานวัด เครื่องมือที่ใช้ในการวัด วิธีการวัด สภาพแวดล้อม ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญยิ่งอันจะนำไปสู่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัด

จากสภาพปัญหาในปัจจุบัน สรุปได้ดังนี้

1. จำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในสายการผลิต Slide Recliner มีชิ้นส่วนที่ไม่ได้คุณภาพอยู่ในสัดส่วนที่สูง
2. ระบบการวัดปัจจุบันยังไม่ได้รับการประเมินระบบการวัดเพื่อหาปัจจัยที่มีผลให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดทำให้ไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในแผนกอื่นได้
3. ชิ้นส่วนที่ตัดสินใจแบบข้อมูลนับมีคุณภาพไม่ตรงตามคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นส่วน พบว่าเกิดปัญหาการตัดสินใจของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน ให้ผลการตรวจสอบแต่ละคนให้ผลการตรวจสอบที่ไม่สอดคล้องกัน ประกอบกับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับของทางบริษัทเป็นลักษณะของ Jig Fixture ซึ่งพบว่าเครื่องมือบางชิ้นมีข้อบกพร่องในเรื่องของการตรวจจับขนาดของชิ้นงานเช่น ชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นรูจะถูกยึดจับด้วย Jig และใช้ Pin เป็นตัวกำหนดขนาดพบว่าชิ้นงานที่มีรูเจาะขนาดเล็กกว่ามาตรฐานจะถูกตรวจจับด้วย Jig ประเภทนี้แต่ถ้าชิ้นงานมีรูเจาะที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน เครื่องมือวัดจะไม่สามารถตรวจจับความบกพร่องได้เนื่องจากชิ้นงานถูกยึดแน่นอยู่กับ Jig เพื่อตรวจจับขนาดของชิ้นงาน ณ ตำแหน่งอื่น เมื่อนำชิ้นงานดังกล่าวไปประกอบจะทำให้เกิดการคลอนของ Slide Recliner ได้ ซึ่งเกิดจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสม และมีบ่อยครั้งที่ชิ้นส่วนที่ผ่านกระบวนการตรวจสอบแล้ว และส่งไปยังแผนกต่อไป พบว่า ชิ้นส่วนนั้น มีคุณภาพไม่ตรงกับคุณภาพที่ระบุ เช่น ดี เป็น เสีย หรือ เสีย เป็น ดี ทำให้บริษัทตรวจรับของที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดซึ่งจะนำไปสู่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ
4. ขาดมาตรฐานการทำงานในการใช้เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ เนื่องจากลำดับขั้นการใส่ Pin แต่ละอันของเครื่องมือวัดดังกล่าวมีผลต่อการตัดสินใจ
5. การสอบเทียบเครื่องมือวัดถูกกำหนดด้วยคาบเวลาที่ คงที่โดยอาศัยความสะดวกและประสบการณ์ซึ่งอาจมีเครื่องมือบางประเภทจำเป็นต้องได้รับการสอบเทียบก่อนเวลาที่กำหนดเนื่องจากการใช้งานที่มากทำให้ค่าการวัดจากเครื่องมือที่ไม่ได้รับการสอบเทียบเมื่อถึงเวลามีค่าคลาดเคลื่อนจากค่าที่แท้จริง ในกรณีเครื่องมือที่มีการใช้งานน้อยจะ

สามารถทำการสอบเทียบในระยะที่ช้ากว่าเวลาที่กำหนดได้ และทำให้บริษัทต้องเสียค่าใช้จ่ายในกรณีที่ต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือทั้งที่ยังไม่ถึงเวลาทำการสอบเทียบ เนื่องจากบริษัทขนาดเครื่องมือที่จะเป็นตัวตรวจจับความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลง

6. พนักงานบางคนไม่เข้าใจในระบบการวัด เช่น การใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง อุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดจับไม่เหมาะสม วิธีการวัดและการอ่านค่าจากเครื่องมือวัดไม่เหมาะสม ขาดการบำรุงรักษาเครื่องมืออย่างถูกวิธี เป็นต้น
7. เครื่องมือวัดที่ใช้มิได้กำหนดย่านวัดที่ชัดเจนเพื่อให้ได้ค่าวัดที่ถูกต้อง และจากการสุ่มเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ขนาด 200 มิลลิเมตร มาทำการทดสอบโดยใช้การทดลองค่าเชิงเส้นตรง พบว่าย่านวัดที่สามารถใช้งานได้จริงของเครื่องมือเท่ากับ 15.5 – 175.0 มิลลิเมตร ในขณะที่การใช้งานปัจจุบันมิได้ควบคุมย่านวัดดังกล่าวทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีความคลาดเคลื่อนได้
8. ค่า %GR&Rจากการทำการทดสอบเบื้องต้นเป็นดังนี้
   เครื่องทดสอบความแข็ง มีค่า%GR&R เท่ากับ 80.42 %
   - เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีค่า%GR&R เท่ากับ 44.39%
   - เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก มีค่า%GR&R เท่ากับ 41.03%

   ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานการยอมรับของ QS 9000
9. จากการทดสอบเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับได้แก่ Rear Bracket Inner Checking Fixture ได้ค่า %ประสิทธิผลด้านทวนซ้ำของการตรวจสอบ และ%ประสิทธิผลด้านเอนเอียงเท่ากับ 95% ซึ่งมาตรฐาน QS 9000 กำหนดให้ค่าดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 100 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณชิ้นส่วนนำเข้าที่ไม่ได้คุณภาพหลังผ่านการตรวจสอบจากส่วนนำเข้า

เดือน / ปี	ตำแหน่งที่พบ		รวมของเสีย	สั่งซื้อรวม	PPM
	สายการผลิต	คลังพัสดุ			
10/99	11,136	6,243	7,379	1,936,589	3,810
11/99	6,401	9,884	16,285	1,583,770	10,282
12/99	2,028	7,197	9,225	1,757,970	5,248
01/00	1,696	1,730	3,426	835,675	4,100
02/00	2,901	3,043	5,944	1,328,193	4,575
03/00	689	1,546	2,235	1,373,975	1,627
04/00	1,698	468	2,166	1,457,136	1,486

ผลกระทบที่มีต่อบริษัทเนื่องจากระบบวัดไม่ได้คุณภาพ

1. ชิ้นส่วนที่ไม่ได้คุณภาพเข้าสายการผลิตทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่ได้คุณภาพ
2. สูญเสียค่าแรงคนงานในการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ไม่ได้คุณภาพหลังทำการประกอบ
3. เกิดปัญหาสายการผลิตหยุดเนื่องจากขาดชิ้นส่วนที่จะทำมาผลิตในกรณีที่พบชิ้นส่วนไม่ได้มาตรฐานจำนวนมากทำให้เสียค่าปรับเนื่องจากส่งผลิตภัณฑ์ไม่ทันกำหนด
4. เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพถูกส่งสินค้าคืน(Claim)จากลูกค้าทำให้บริษัทต้องส่งของผลิตภัณฑ์ใหม่ทดแทน และเสียค่าปรับทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นรวมทั้งสูญเสียชื่อเสียง
5. ถูกลดการสั่งซื้อจากลูกค้าในกรณีที่พบจำนวนของเสียเป็นจำนวนมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาชนิดและขนาดของความผันแปรในระบบการวัด ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เป็นอยู่ และทำการลดและควบคุมความผันแปรเพื่อปรับปรุงระบบการวัด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ทำการศึกษาโรงงานตัวอย่างเฉพาะแผนกตรวจสอบและแผนกนำเข้าซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนกประกันคุณภาพโดยชิ้นส่วนที่ใช้เป็นชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบของ Slide Recliner เท่านั้น(ยกเว้นเครื่องทดสอบความแข็งยาง)

2. เครื่องมือวัดที่มีใช้ในแผนกนำเข้าและใช้วัดชิ้นส่วนประกอบ Slide Recliner ซึ่งมีทั้งหมด 22 รายการ (เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดจำนวน 12 เครื่องมือ เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับจำนวน 10 เครื่องมือ)
3. ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดประกอบด้วย
   3.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องซึ่งประเมินได้จาก
      3.1.1 ค่าเอนเอียง ทำการประเมินทุกเครื่องมือวัดที่ได้ระบุ
      3.1.2 ค่าเชิงเส้นตรง ยกเว้นเครื่องวัดแรงดึง เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ และเครื่องทดสอบความแข็งยาง
      3.1.3 ค่าเสถียรภาพ ยกเว้นเครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ
   3.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำ ซึ่งประเมินได้จาก
      3.1.1 ความทวนซ้ำได้(Repreatability)
      3.1.2 ความทำซ้ำได้(Reproduciblily)
      ทำการประเมินทุกเครื่องมือวัดที่ได้ระบุ
   3.3 ประเมินค่าGR&R สำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1. สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพทั่วไปของโรงงาน
3. ศึกษาและวิเคราะห์ระบบงานโรงงานตัวอย่างในปัจจุบัน เช่นระบบการผลิต ระบบการวัด และเอกสารเกี่ยวกับระบบการวัด(วันรับเครื่องมือ และกำหนดการสอบเทียบ)
4. จัดเตรียมชิ้นงานทดสอบและเลือกเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเพื่อทำการประเมินระบบการวัดโดยจะศึกษาเครื่องมือจากค่า ค่าเอนเอียง ความมีเสถียรภาพ ค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง %GR&R และการประเมินเครื่องมือแบบข้อมูลนับ
5. ทำการทดลองเพื่อประเมินระบบการวัด
6. วิเคราะห์ผลจากการทดลองก่อนทำการปรับปรุง และกำหนดแนวทางการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข เช่น จัดทำคู่มือการใช้ มาตรฐานการทำงาน และการบำรุงรักษา ฯลฯ
7. ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสำหรับบางเครื่องมือ
8. ทดสอบผลจากแนวทางที่ดำเนินการปรับปรุงเทียบกับผลก่อนและหลังปรับปรุง
9. สรุปผลและข้อเสนอแนะ
10. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

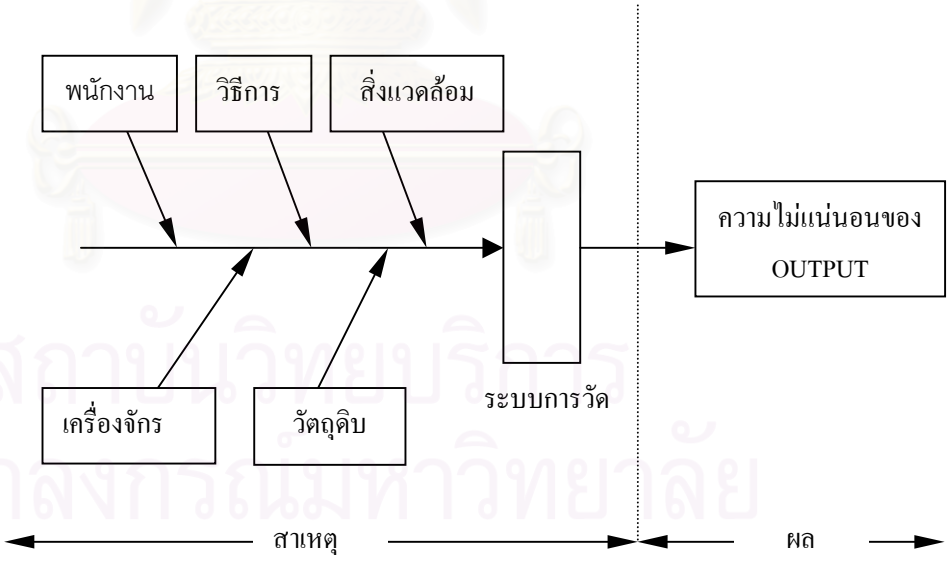
1. เพื่อเป็นการสร้างระบบการวัดที่มีประสิทธิภาพซึ่งจะนำไปสู่ความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ของลูกค้า
2. ช่วยลดความสูญเสียเนื่องจากการตรวจรับชิ้นส่วนที่ไม่มีคุณภาพเข้าสู่การผลิต
3. สามารถกำหนดระยะเวลาการสอบเทียบได้ตรงกับช่วงเวลาที่แท้จริง
4. เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและประยุกต์ใช้กับระบบการวัดที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันหรือในแผนกอื่นต่อไป
5. ได้คู่มือการใช้งานสำหรับเครื่องมือที่ทำการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการวัดและการประกันคุณภาพ

1. คุณภาพ คือการสร้างความมั่นใจต่อลูกค้า
   ก. ความสามารถในการสับเปลี่ยน(Interchangeability)
   ข. การตอบสนองความคาดหมายของความจำเป็น
2. การประกันคุณภาพ คือการป้องกันด้วยการทำนายเหตุการณ์ในอนาคตจากตัวแบบของคุณภาพในปัจจุบัน โดยพิจารณาจากความผันแปรใน 5 แหล่ง
   ก. วัตถุดิบ
   ข. เครื่องจักร
   ค. คุณสมบัติของบุคคล
   ง. วิธีการ
   จ. ระบบการวัด



รูปที่ 2.1 ความผันแปรในระบบการผลิต

สาเหตุของความผันแปรประกอบด้วย 2 สาเหตุหลักได้แก่

1. สาเหตุธรรมดา (common cause) หมายถึง สาเหตุความผันแปรเนื่องมาจากธรรมชาติของปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการผลิตและวัดตลอดจนสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ในการผลิตโดยปกติ สาเหตุธรรมดานี้เกิดขึ้นนับตั้งแต่ฝ่ายบริหารตัดสินใจเลือกระบบและการออกแบบกระบวนการ
2. สาเหตุไม่ธรรมดา (special case) หมายถึง สาเหตุของความผันแปรที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวในการบริหารงาน โดยปกติสาเหตุไม่ธรรมดาของความผันแปรนี้ มักจะเป็นสาเหตุที่สามารถกำหนดได้ (assignable cause) ว่าเกิดมาจากแหล่งกำเนิดใดและไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

การวัด(Measurement)

คือการกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยคุณสมบัติเฉพาะกำหนด (ความยาว ความแข็ง ความหนาแน่น) ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบได้แก่ ใช้เครื่องมือวัดได้และแบบไม่สามารถใช้เครื่องมือวัด (ใช้ประสาทสัมผัสหรือการใช้การ X-ray)

ความผิดพลาดในการวัด มีสาเหตุจากแหล่งของความผิดพลาดดังนี้

1. อยู่ที่ตัวบุคคลผู้ที่ทำการวัด ผู้วัดคนเดียวกันแต่วัดได้ไม่เหมือนเดิม
2. ระหว่างบุคคลผู้ที่ทำการวัด ผู้วัดแต่ละคนวัดค่าได้ไม่เท่ากัน
3. วัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบไม่มีมาตรฐาน
4. อุปกรณ์การวัด
5. วิธีการวัด
6. ห้องทดสอบ

การรวบรวมความผิดพลาด

สามารถจัดให้อยู่ในรูปสมการดังนี้ $\sigma^2_{abc}=\sigma^2_w+\sigma^2_b+\sigma^2_m+\sigma^2_e+\sigma^2_p+$ etc

ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากความแปรปรวนต่าง ๆรวมกัน

$\sigma_{abc,w,b,m,e,p}$ คือความเบี่ยงเบนของค่าสังเกตผู้ปฏิบัติงาน,ระหว่างผู้ปฏิบัติงาน,วัสดุ,อุปกรณ์,ห้องทดลองตามลำดับ

ในการวัดเพื่อการประกันคุณภาพจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจัดสาเหตุแห่งความผิดพลาดแล้วทำการกำจัดทิ้ง ควบคู่ไปกับการพยายามลดสาเหตุธรรมชาติแห่งความผันแปรอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลในทางสถิติจะอยู่ภายใต้คุณสมบัติความไม่เท่ากันเสมอ โดยความผันแปรในข้อมูล จะเกิดจากความผันแปรของกระบวนการผลิต ความผันแปรในการชักสิ่งตัวอย่าง และความผันแปรในระบบการวัดการวิเคราะห์ระบบการวัด จะศึกษาความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัด แล้วดำเนินการให้ข้อมูลไม่มีความเอนเอียง และมีความแปรแปรวนน้อยที่สุด เพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับข้อมูล

2.2 การวิเคราะห์ความผันแปรในระบบการวัด

ความผันแปรในระบบการวัดสามารถแบ่งได้เป็น

1. ตำแหน่งของค่าวัด(Location) ซึ่งหมายถึง คุณสมบัติด้านความเบี่ยงเบนของค่าเฉลี่ยจากการวัดจากค่าจริง (โดยอาจจะเรียกว่า คุณสมบัติด้านความถูกต้อง(Accuracy)
   - ความมีเสถียรภาพ(Stability)
   - ความเอนเอียง(Bias)
   - คุณสมบัติเชิงเส้นตรง(Linearity)
2. กระจาย (Spread) ซึ่งหมายถึง คุณสมบัติด้านการกระจายของค่าวัดรอบค่อเฉลี่ยจากการวัดจริง(โดยอาจจะเรียกว่า คุณสมบัติด้านความแม่นยำ(Precision)
   - ความทวนซ้ำได้ (Repeatability)
   - ความทำซ้ำได้(Reproducibility)

2.2.1 การประเมินค่าเอนเอียง

ค่าความเอนเอียง(Bias) เป็นคุณสมบัติของระบบการวัดที่ทำให้ค่าวัดเบี่ยงเบนไปจากค่าจริง การประเมินความเอนเอียงสามารถทำได้ด้วยการให้พนักงานหนึ่งคนทำการวัดชิ้นงานอ้างอิง (โดยค่าอ้างอิงจะหมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการวัดซ้ำด้วยเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำสูงกว่าภายใต้สภาวะควบคุม หรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และต้องสามารถสอบกลับได้) และค่าเอนเอียงนี้จะเป็นค่าประเมินคุณสมบัติด้านความถูกต้องของระบบการวัด แล้วดำเนินการหาค่าเฉลี่ย($\bar{x}$) จากค่าวัดซ้ำดังกล่าว

การประเมินความเอนเอียง พิจารณาได้จาก

ความเอนเอียง = $\bar{x}$ - ค่าอ้างอิง

ในกรณีที่ประเมินผลค่าเอนเอียงของระบบการวัดแล้ว ต้องมีการประเมินค่าเอนเอียงที่ได้ด้วย ซึ่งโดยทั่วไปมักจะกำหนดภายใต้กฎเกณฑ์ดังนี้

% เอนเอียง $< 5\%$	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข
$5\% \leq$ เอนเอียง $< 10\%$	อาจจะยอมรับได้ (ให้พิจารณาปัจจัยอื่น ๆ เช่น การประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่าย ฯลฯ)
%เอนเอียง $\geq 10\%$	ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข

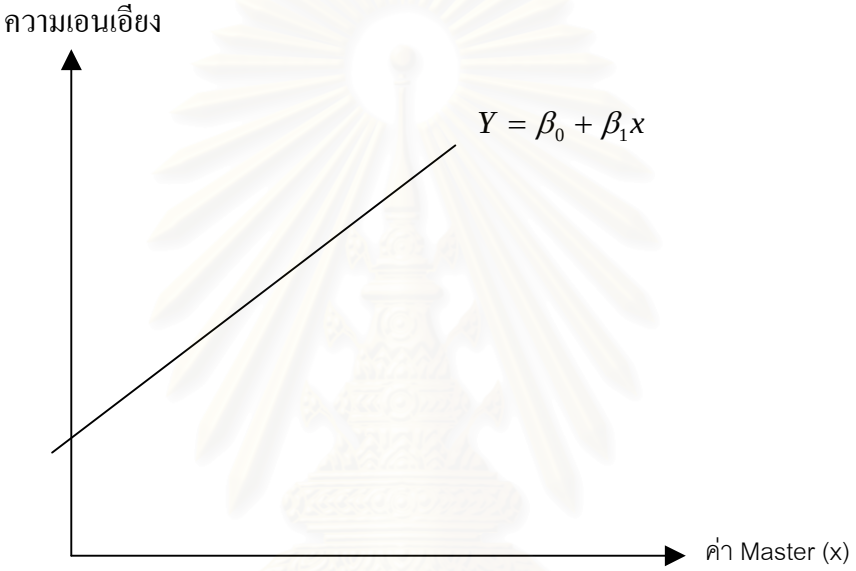
ถ้าค่าความเอนเอียงมีค่าค่อนข้างสูง ให้พิจารณาจากสาเหตุต่อไปนี้

1. ความผิดพลาดในชิ้นงานมาตรฐาน
2. มีการสึกหรอที่ชิ้นส่วนประกอบ
3. อุปกรณ์วัดทำให้มิติวัดผิดพลาด

4. อุปกรณ์วัดวัดคุณลักษณะที่ผิด
5. อุปกรณ์วัดมิได้ผ่านการสอบเทียบถูกต้อง
6. อุปกรณ์วัดมิได้รับการใช้อย่างถูกต้องโดยพนักงานวัด

2.2.2 การประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

คุณสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity) หมายถึงการที่ค่าเอนเอียงของระบบการวัดจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดย่านวัด (Working range) ของระบบการวัดดังกล่าว



รูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

การคำนวณหาความถดถอยเชิงเส้น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x \tag{2.1}$$

ซึ่ง

X = ค่า Master

Y = ความเอนเอียง

β_0 = ระยะตัดแกน y

β_1 = ความลาดชัน

$$\beta_0 = \frac{\sum xy - (\sum x \frac{\sum y}{n})}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \tag{2.2}$$

$$\beta_1 = \sum \frac{y}{n} - a \times (\sum \frac{x}{n}) \tag{2.3}$$

$$R^2 = \frac{\left[\sum xy - \sum x \frac{\sum y}{n}\right]^2}{\left[\sum x^2 - \left(\frac{(\sum x)^2}{n}\right)\right] \times \left[\sum y^2 - \left(\frac{(\sum y)^2}{n}\right)\right]} \tag{2.4}$$

การประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง พิจารณาได้จาก ถ้า R^2 มีค่าน้อยแสดงว่าความสัมพันธ์ของค่าเอนเอียงกับค่าจริงมิได้เป็นเส้นตรง ต้องทำการพิจารณาระบบเพื่อการปรับ แต่ถ้าทำค่า R^2 มีค่ามาก(โดยทั่วไปแนะนำว่า ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.70) แสดงว่า ความผันแปรของข้อมูล สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย ให้ทำการทดสอบ X และ Y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ด้วยการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตาราง ANOVA สำหรับทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบเชิงเส้นตรง

แหล่งความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	องศาอิสระ	ความแปรปรวน	F
เส้นถดถอย ความคลาดเคลื่อน	$SS_R = B_1 \hat{S}_{XY}$ $SS_E = S_{YY} - SS_R$	1 n-1	MS_R MS_E	$\frac{MS_R}{MS_E}$
ผลรวม	S_{YY}	n		

เมื่อค่าเอนเอียงและค่าอ้างอิงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญแล้ว ให้ทำการคำนวณสมการถดถอยเชิงเส้น

$$Y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$$

ทำการคำนวณดัชนีเชิงเส้นตรง (linearity index) ของระบบการวัดโดยที่

ดัชนีเชิงเส้นตรง = $\hat{\beta}_1 \times$ ความผันแปรของกระบวนกา ร (2.5 ก)

$= \hat{\beta}_1 \times$ (USL-LSL) (2.5 ข)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\text{และ \% ของความผันแปรกระบวนการ} = \frac{\text{ดัชนีเชิงเส้นตรง} \times 100\%}{\text{ความผันแปรของกระบวนการ}} \quad (2.6)$$

ในกรณีที่ประเมินผลได้ค่า %เชิงเส้นตรงของระบบการวัดแล้ว ต้องมีการประเมนค่า %เชิงเส้นตรงที่ได้ด้วยซึ่งโดยทั่วไปมักจะกำหนดภายใต้กฎเกณฑ์ดังนี้

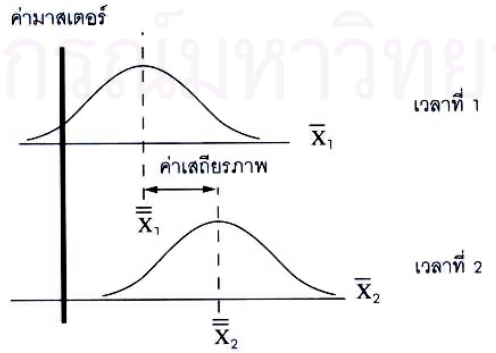
% เชิงเส้นตรง $< 5\%$	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข
$5\% \leq$ % เชิงเส้นตรง $< 10\%$	อาจจะยอมรับได้ (ให้พิจารณาปัจจัยอื่น ๆ เช่น การประยุกต์ใช้ค่าใช้จ่าย ฯลฯ
%เชิงเส้นตรง $\geq 10\%$	ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข

ในกรณีที่คุณสมบัติเชิงเส้นตรงมีค่าค่อนข้างสูง ให้พิจารณาจากสาเหตุต่อไปนี้

1. อุปกรณ์วัดมิได้รับการสอบเทียบอย่างถูกต้องที่พิกัดด้านบนและด้านล่างตลอดย่านการใช้งาน
2. ความคลาดเคลื่อนในค่าอ้างอิงมีค่ามากที่สุด หรือค่าอ้างอิงที่มีค่าน้อยที่สุด
3. การสึกหรอของอุปกรณ์วัด
4. คุณลักษณะจากการออกแบบของอุปกรณ์วัด

2.2.3 การประเมินความมีเสถียรภาพ

ความมีเสถียรภาพ(Stability) เป็นคุณสมบัติของการระบบการวัดที่เกี่ยวของกับเวลา โดยประเมินได้จากแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ด้วยการอาศัยการวัด ค่าอ้างอิง ตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา แล้วพิจารณาจุดที่ออกนอกขีดจำกัด (Control Limit) และสัญญาณต่าง ๆ เช่น แนวโน้ม (Trend) วัฏจักร(Cycle) ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะเป็นตัวบอกถึง การออกนอกการควบคุม หรือไม่เสถียรนั่นเอง ถ้าพบว่าข้อมูลมีความไม่เสถียรให้ทำการสอบเทียบ (Re-Calibration) เครื่องมือวัดใหม่



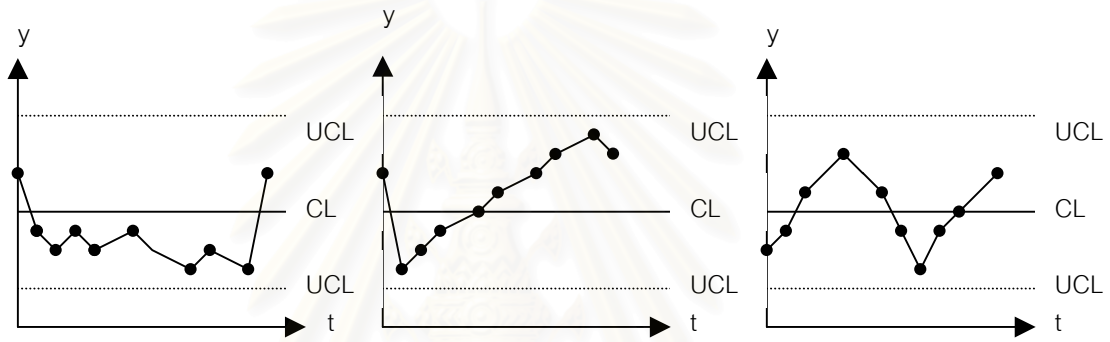
รูปที่ 2.3 ความหมายของคุณสมบัติด้านเสถียรภาพของระบบการวัด

2.2.4 การตีความหมายแผนภูมิควบคุม

การตีความหมายแผนภูมิควบคุมจะอยู่บนแนวความคิดของความสุ่มรอบค่ากลาง ดังนั้นการตีความหมายจะต้องเริ่มต้นจากการตีความหมายของความสุ่มก่อนเสมอ แล้วจึงพิจารณาว่าความสู่มอยู่ในลักษณะสมมาตรภายใต้ขนาดความผันแปรจากสาเหตุแบบธรรมชาติหรือไม่ ดังนั้นการตีความหมายให้ตีความหมายตามลำดับดังนี้

(ก) ความไม่สุ่ม (Non - randomness)

ในการทดสอบความสุ่มของข้อมูลจะอาศัยทฤษฎีรัน (Theory of Runs) โดยผู้สนใจศึกษาเพิ่มเติมได้จากกิติศักดิ์ (2540) หัวข้อ 8.1 แต่ถ้าหากจะพิจารณาอย่างง่าย ๆ อาจพิจารณาได้จากตัวแบบของรัน แนวโน้ม และวัฏจักรดังแสดงในรูปที่ 2.4



(ก) รัน (ข) แนวโน้ม (ค) วัฏจักร

รูปที่ 2.4 ตัวแบบของความไม่สุ่ม

ตัวแบบรันดังรูป 2.4(ก) จะหมายถึงจำนวนจุดต่อเนื่องที่อยู่ทางด้านใดด้านหนึ่งของค่ากลาง(ค่ามัธยฐาน) ซึ่งอาจจะสอดคล้องกับเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งดังต่อไปนี้

- มีจุด 7 จุดต่อเนื่องอยู่ทางด้านใดด้านหนึ่งของค่ามัธยฐาน
- มี 10 จุดใน 11 จุดต่อเนื่องอยู่ทางด้านใดด้านหนึ่งของค่ามัธยฐาน
- มี 12 จุดใน 14 จุดต่อเนื่องอยู่ทางด้านใดด้านหนึ่งของค่ามัธยฐาน
- มี 16 จุดใน 20 จุดต่อเนื่องอยู่ทางด้านใดด้านหนึ่งของค่ามัธยฐาน

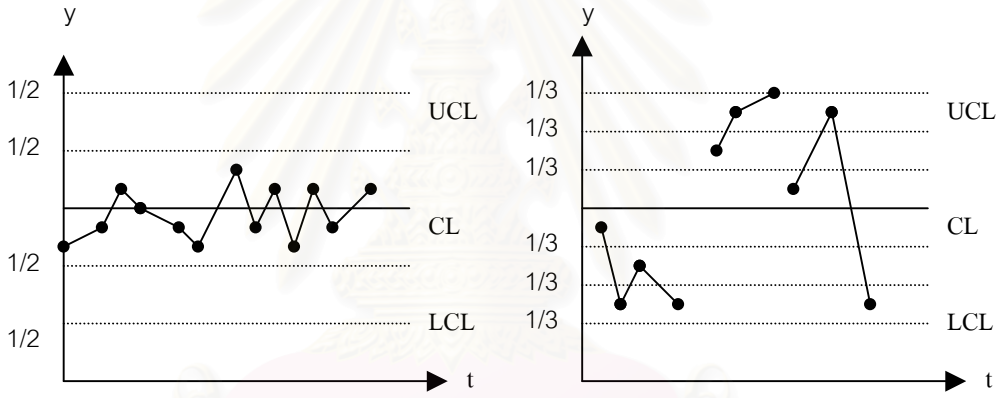
สำหรับตัวแบบแนวโน้มดังรูป 2.4(ข) จะหมายถึงกรณีที่มีจุด 7 จุดต่อเนื่องขึ้นหรือลง และตัวแบบวัฏจักรที่แสดงถึงการเกาะตัวของข้อมูลในลักษณะเหมือนกันภายใต้ระยะเวลาเท่ากัน ดังรูปที่ 2.4(ค)โดยตัวแบบทั้งสามที่กล่าวมานี้จะระบุถึงความไม่สุ่มของข้อมูลซึ่งมีคาวมจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพิจารณาสาเหตุที่เกิดขึ้นทั้งการชักสิ่งตัวอย่างการวัด และกระบวนการผลิต

อนึ่ง ในกรณีรันที่เปรียบเทียบกับเส้นมัธยฐานนั้น ถ้าเป็นแผนภูมิ $\overline{X}$ หรือ X สามารถใช้

เปรียบเทียบกับเส้นกลาง (CL) ได้เลย เพราะในกรณีนี้ถือว่ากราฟมีลักษณะสมมาตรที่ $\overline{\overline{X}}$ และ $\overline{X}$ มีค่าเดียวกับเส้นมัธยฐาน แต่หากเป็นกรณีแผนภูมิ R, p, np, c และ u ที่มีลักษณะเบ้ขวาอยู่แล้วโดยธรรมชาติ หากต้องการตีความหมายให้ถูกต้อง ควาลากเส้นมัธยฐานเพื่อการตัดสินใจ (แต่ในทางปฏิบัติหลายองค์กรมักนิยมให้เส้นกลาง (CL) แทนค่ามัธยฐานเลย ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการตีความหมาย

(ข) ตัวแบบสมมาตร(Normal Pattern)

ข้อมูลที่มีความผันแปรจากสาเหตุแบบธรรมชาตินั้น นอกจากมีลักษณะแบบสุ่มแล้ว ยังมีลักษณะกระจายอย่างสมมาตรรอบค่ากลาง (CL)ระหว่าง UCL และ LCL ด้วย ดังนั้นถ้าหากมีข้อมูลกระจายรอบค่า CL อย่างเดียว หรือมีข้อมูล 2 ใน 3 ใน 7 จุดต่อเนื่องหรือ 4 ใน 10 จุดต่อเนื่องอยู่ในช่วง 1/3 ใกล้พิกัดควบคุมแล้ว จะถือว่าข้อมูลดังกล่าวมีความผิดพลาดจากสาเหตุที่ผิดธรรมชาติ เพราะว่ามิได้มีความผันแปรสมมาตรดังรูปที่ 2.5

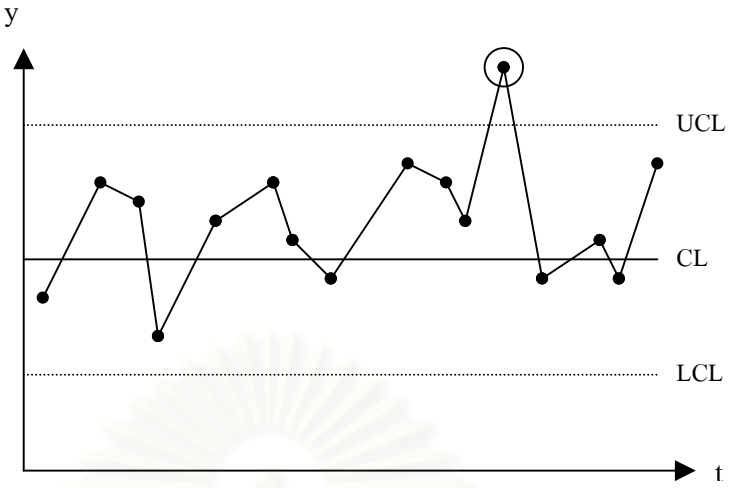


(ก) ข้อมูลเกาะกลุ่มค่ากลาง (ข) ข้อมูลเกาะกลุ่มเส้นพิกัดควบคุม

รูปที่ 2.5 ตัวแบบของข้อมูลที่มิได้มีตัวแบบปกติ

(ค) ขนาดความผันแปรมากกว่าค่าคาดหมาย

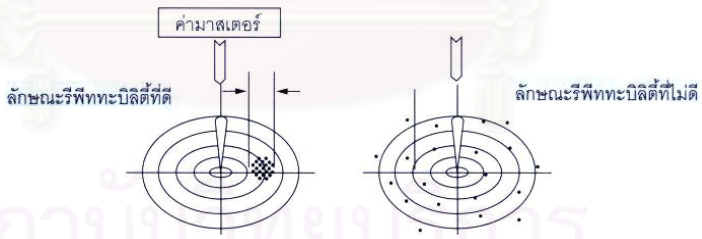
หลังจากได้พิจารณาแล้วว่าข้อมูลมีพฤติกรรมแบบสุ่มรอบค่ากลางในลักษณะสมมาตร (หรือเป็นตัวแบบปกติแล้ว) จะพิจารณาในขั้นสุดท้ายคือ ขนาดของความผันแปรของข้อมูลมากกว่าความผันแปรจากสาเหตุแบบธรรมชาติที่ได้มีการคาดหมายไว้หรือไม่ ถ้าหากเกินพิกัดแสดงว่าความผันแปรดังกล่าวมีสาเหตุจากธรรมชาติ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ความผันแปรที่มากกว่าความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ

2.2.5 การประเมินความทวนซ้ำได้และความทำซ้ำได้

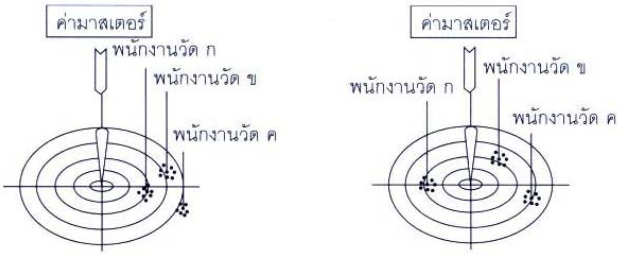
ความทวนซ้ำได้(Repeatability) คือความแตกต่างของข้อมูลที่ทำการวัดได้ภายในเงื่อนไขเดียวกัน โดยมีสาเหตุความผันแปรจากคุณสมบัติของอุปกรณ์วัดและวิธีการวัด ซึ่งโดยปกติจะใช้ในการประมาณค่าความผันแปรกระบวนการวัดในระยะสั้น (short-term measurement) ดังแสดงรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะความผันแปรแบบ ความทวนซ้ำได้(Repeatability)

ความทำซ้ำได้(Reproducibility) คือความแตกต่างของข้อมูลที่ทำการวัดได้ในคนละเงื่อนไขกัน โดยมีสาเหตุความผันแปรจากความแตกต่างของเงื่อนไขการวัด อาทิ กะงาน พนักงาน โดยปกติจะใช้ในการประมาณค่าความผันแปรกระบวนการวัดในระยะยาว (long-term measurement)

การประเมินความทวนซ้ำได้ และความทำซ้ำได้ อาจเรียกว่า"Gage R&R"



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะความผันแปรแบบความทำซ้ำได้(Reproducibility)

การประเมิน R&R มี 3 วิธี

1. **วิธีอาศัยพิสัย (Rang Method)** ซึ่งเหมาะกับกรณีการทดลองในช่วงสั้น ๆ และไม่มีการวัดซ้ำ ดังนั้น วิธีการดังกล่าวนี้แม้ว่าจะมีข้อดีคือประเมินผลได้ง่าย แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญที่สำคัญคือ ไม่สามารถแยกความทวนซ้ำได้(Repeatability)ออกจากความทำซ้ำได้(Reproducibility)ได้

2. **วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)** เหมาะกับการทดลองซ้ำในแต่ละสิ่งตัวอย่างของพนักงานวัดแต่ละคน ซึ่งวิธีการนี้ทำให้สามารถแยกความทวนซ้ำได้(Repeatability)ออกจากความทำซ้ำได้(Reproducibility)ได้ แต่ไม่สามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่าความทวนซ้ำ(Repeatability)ได้

3. **วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)** ที่เหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงาน และชิ้นงาน เป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากความทวนซ้ำ(Repeatability)ได้ แต่อย่างก็ดีวิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ความยุ่งยากในการคำนวณ จึงมีข้อแนะนำให้ใช้วิธีการนี้กับกรณีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ เหมาะกับชิ้นงานทดสอบที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง

กรณีความสามารถในการทำซ้ำมีค่าสูง อาจเนื่องมาจาก

1. เครื่องมือวัดมีสภาพสึกหรอที่ต้องการการบำรุงรักษา
2. เครื่องมือวัดมีการออกแบบที่ทำให้มีความยืดหยุ่นมากเกินไป
3. อุปกรณ์ในการยึดจับงาน(จิ๊กและฟิกซ์เจอร์)มีความยืดหยุ่นมากเกินไปอาจจะต้องออกแบบใหม่ หรือต้องการการบำรุงรักษาที่ดีขึ้น
4. สิ่งตัวอย่างที่นำมาวัดเพื่อการวิเคราะห์มีความผันแปรภายในชิ้นงานมากเกินไป

กรณีความสามารถในการทวนซ้ำ มีค่าสูง อาจเนื่องมาจาก

1. วิธีการใช้เครื่องมือยังอาจจะมีการกำหนดโดยใช้ทักษะของพนักงานวัดมากเกินไป จึงจำเป็นต้องการทำการทบทวนวิธีการ หรือการฝึกอบรมให้พนักางานวัดมีความเข้าใจในการใช้และการอ่านเครื่องมือวัดให้ดียิ่งขึ้น
2. การสอบเทียบทำได้ไม่ดีพอ
3. การจับยึดงานในขณะทำการวัดของพนักงานทำได้ไม่ดีพอ มีความจำเป็นต้องนำอุปกรณ์จับยึดพวกจิ๊กเข้ามาช่วย

2.2.6 การศึกษาความสามารถของระบบการวัดในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่าง

ในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่างตัวนั้น สามารถพิจารณาได้จากแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ซึ่งหากพิจารณาผลการทดลองการวัดสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนนั้นจะพบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อยแต่ละย่อย (ที่หมายถึง การกำจัดความทวนซ้ำได้(Repeatability) ออกไปแล้ว) จะอธิบายถึงความแตกต่างของสิ่งตัวอย่าง และเนื่องจากในแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ นั้น พิกัดควบคุมจะอธิบายถึงความแตกต่างโดยสาเหตุธรรมชาติของแต่ละสิ่งตัวอย่างมากกว่าการอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งตัวอย่าง ดังนั้นถ้าไม่มีจุด $\overline{X}$ ใดออกนอกพิกัดควบคุมเลย แสดงว่าความผันแปรส่วนใหญ่มาจากระบบการวัดทำให้ม่สามารถตรวจจับความแตกต่างระหว่างสิ่งตัวอย่างได้ หรืออีกความหมายหนึ่งคือ ถ้าความผันแปรส่วนใหญ่มาจากความแตกต่างระหว่างสิ่งตัวอย่างแล้วก็จำเป็นที่จะต้องมีค่า $\overline{X}$ โดยส่วนใหญ่ออกนอกพิกัดควบคุม $\overline{X}$ ทั้งนี้จะต้องอยู่บนเงื่อนไขที่ผู้ทำการวัดจะต้องมั่นใจด้วยว่าค่า $\overline{X}$ ที่ออกนอกพิกัดควบคุมนั้นเป็นการวัดที่เป็นไปโดยสาเหตุธรรมชาติ มิใช่มาจากสาเหตุความผิดพลาด

ในการพิจารณาความผันแปรจากแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ นั้น เริ่มแรกจะต้องพิจารณาก่อนว่ากระบวนการวัดมีความสม่ำเสมอหรือไม่ (โดยการพิจารณาจากสภาวะที่แผนภูมิควบคุม R อยู่ภายใต้การควบคุม) จากนั้นจึงพิจารณาว่าระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่างต่อได้หรือไม่ โดยพิจารณาว่าแผนภูมิ $\overline{X}$ มีค่าโดยส่วนใหญ่ออกนอกพิกัดควบคุมจริงหรือไม่ ซึ่งค่าความผันแปรนี้จะสามารถคำนวณได้ทั้งจากข้อมูลในการประเมินผลความสามารถของระบบการวัด และจากข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลความสามารถของกระบวนการ

กรณีที่มีการประเมินผลความผันแปรของกระบวนการจากข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลความสามารถของกระบวนการวัดนั้น จะได้มาจากการเฉลี่ยออกค่าความทวนซ้ำได้(Repeatability) และความทำซ้ำได้(Reproducibility)ของระบบการวัดเพื่อให้ได้ค่าประมาณค่าแท้จริงของชิ้นงานแล้วจึงทำการคำนวณ R_p ที่หมายถึงความแตกต่างของชิ้นงานที่ใช้ในการศึกษา

ดังนั้น $\sigma_p = \frac{R}{d_2^*}$

และ $PV = 5.15\frac{R_p}{d_2^*}$

ในการตรวจจับความแตกต่างของชิ้นงานนั้น ข้อมูลจะต้องได้รับการจำแนกไม่ต่ำกว่า 5 ประเภท

จำนวนประเภทข้อมูล $= \sqrt{2}\,\frac{PV}{GR\,\&\,R}$ (2.7)

โดยการพิสูจน์สมการ (2.7) ผู้สนใจสามารถศึกษาได้จาก Weeler and Lyday (1984) หน้า 22 – 30 และเรียก PV/GR&R นี้ว่า Signal to Noise Ratio (อ่านว่า ซิกแนล ทูนอยล์ เรโซ) ประมาณการได้จากสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (Interclass Correlation Coefficient); r โดยที่

$$r = \frac{\text{ความแปรปรวนของสิ่งตัวอย่าง } (\sigma_{PV}^2)}{\text{ความแปรปรวนของค่าวัดทั้งหมด } (\sigma_{TV}^2)} \quad (2.8)$$

จากตารางที่ 2.2 จะพบว่าถ้าความสัมพันธ์ในรูปสหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (r) มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.90 แล้ว จะทำให้จำนวนประเภทของข้อมูลไม่ต่ำกว่า 5 ประเภท ซึ่งถ้าหากจำนวนประเภทของข้อมูลต่ำกว่า 2 ปรเภท (คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มมีค่าต่ำกลุ่ม 0.50) แล้วระบบการวัดที่ไม่สามารถควบคุมได้ (noise effect) ทั้งสิ้น แต่ถ้าหากจำนวนประเภทของข้อมูลมีเพียง 2 ประเภท (คือ สัมประสิทธิ์ภายในกลุ่มมีค่าประมาณ 0.60) ก็แสดงว่าข้อมูลมีการจำแนกออกเป็นสูงและต่ำเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถใช้ควบคุมความผันแปรในกระบวนการได้เช่นเดียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง r กับจำนวนประเภทของข้อมูล

จำนวนประเภทข้อมูล $\sqrt{2}(PV/GR\ \&\ R)$	Signal to Noise Ratio $(PV/GR\ \&\ R)$	r
20.00	14.10	0.995
14.07	9.95	0.990
9.90	7.00	0.980
8.05	5.69	0.970
6.93	4.90	0.960
6.17	4.36	0.950
5.60	3.96	0.940
4.24	3.00	0.900
2.83	2.00	0.800
2.16	1.53	0.700
1.73	1.22	0.600
1.41	1.00	0.500

2.2.7 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัดใด ๆ จำเป็นต้องพิจารณาคุณภาพของข้อมูลวัด ดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบความสามารถในการจำแนกความแตกต่าง (Discrimination) ของข้อมูลโดยพิจารณาจากค่าที่เป็นไปได้ของ R จะมีค่าที่เป็นไปได้เพียง 1 หรือ 2 หรือ 3 ค่า

2. ตรวจสอบความอิสระ(Independence) ของข้อมูล โดยดูจากการกระจายในแผนภูมิควบคุมที่ไม่ปรากฏอาการ ไม่สุ่ม(Run) แนวโน้ม(Trend) วัฏจักร(cycle) มีประชากร 2 ชุด (Two Population) ข้อมูลเป็นกลุ่มหรือไม่มีการกระจาย (Lack of Variability)

3. ตรวจสอบความคงที่ของค่าผันแปร จากพิกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม R (ถ้าทำได้) หากวัดใหม่ไม่ได้ให้ตัดข้อมูลดังกล่าวทิ้ง หากต้องตัดข้อมูลทิ้งมาก แสดงว่าควรกำหนดมาตรฐานระบบวัดใหม่

2.2.8 การประเมินค่า GR&R สำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ในการประเมินค่า GR&R ของเครื่องมือประเภทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประเมิน ความสอดคล้อง(Consistency) และความสม่ำเสมอ(Uniformity) ของการวัดด้วยตาหรืออาศัยความรู้สึกของพนักงานวัด รวมทั้งเพื่อนำผลไปใช้วัดความสม่ำเสมอระหว่างพนักงาน ตลอดจนการขจัดความไม่สอดคล้อง(Inconsistency)ที่เกิด

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับนี้ จะประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจกับพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับและปฏิเสธ หรือ ผ่านและไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจได้นั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร

การศึกษาความสามารถของระบบการวัดนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีการประเมินผลในระยะสั้น (short method) และวิธีการประเมินผลในระยะยาว (long method) โดยแนวความคิดของวิธีการประเมินผลในระยะสั้นจะอาศัยการจำแนกชิ้นสิ่งตัวอย่างงานทีมีลักษณะทั้งดี ไม่ดี และก้ำกึ่ง(marginal) ในจำนวนที่เหมาะสม แล้วให้พนักงานที่สุ่มมาหรือกำหนดไว้ล่วงหน้าทำการตรวจสอบ เพื่อจำแนกผลการตรวจสอบเป็นผ่านและไม่ผ่าน จากนั้นจะพิจารณาผลการตรวจสอบซ้ำมีคุณภาพตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างหรือไม่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะบ่งบอกถึง “ความถูกต้อง” ในการตรวจสอบ โดยจะแบ่งลักษณะความถูกต้องนี้ออกเป็น “ ความลำเอียงของลูกค้า (consumer’s bias) “ ที่หมายถึง การที่พนักงานตรวจสอบมีแนวโน้มจะตรวจสอบแล้วสรุปผลว่า “ไม่ผ่าน” สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี และ “ ความลำเอียงของผู้ผลิต (producer’s bias)” ที่จะหมายถึง การที่พนักงานตรวจสอบมีแนวโน้มจะตรวจสอบแล้วสรุปผลว่า “ผ่าน” สำหรับผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ดีนอกจากนี้ยังให้ความสนใจต่อความสามารถในการตรวจสอบซ้ำของพนักงานตรวจสอบ ซึ่งโดยปกติจะทำการประเมินผลออกมาในรูปของ “ความมีประสิทธิผลของการตรวจสอบ(screen effectiveness)” ที่หมายถึง ความสามารถของระบบการวัด (ตรวจสอบ) ในการแยกแยะงานไม่ดีออกจากงานที่ดี

การประเมินผลกระบวนการวัดในระยะสั้น

ในการประเมินผลกระบวนการวัดหรือกระบวนการตรวจสอบในระยะสั้น จะมีกระบวนวิธีในการประเมินดังนี้

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น โดยพยายามให้สิ่งตัวอย่างงานดังกล่าวประกอบด้วย สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี สิ่งตัวอย่างงานทีมีคุณภาพไม่ดี และสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่ง(Marginal)ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน
2. ทำการเลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบงานมา 2 – 4 คน โดยพนักงานที่เลือก

มาจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดีและผ่านการสอบประเมินผลแล้ว(โดยเฉพาะการตรวจสอบที่อาศัยความรู้สึก เช่น กลิ่น รสชาติ สี ฯลฯ)

3. ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างงาน อย่างสุ่ม เพื่อประเมินผลคุณภาพงานว่า "ผ่าน" หรือ "ไม่ผ่าน" พร้อมบันทึกลงในตารางทดสอบและในการประเมินผลของพนักงานแต่ละคนนี้มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบ "ซ้ำ"อย่างน้อยชิ้นงานละ 2-3 ครั้ง

4. ทำการเลือกพนักงานคนที่สองขึ้นมาแล้วดำเนินการตรวจสอบอย่างสุ่มเหมือนข้อ 3.

5. ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่าง ๆ ดังนี้

$$\%\text{ ความทวนซ้ำได้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.9)$$

$$\%\text{ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.10)$$

%ประสิทธิผลด้านความทวนซ้ำได้ของการตรวจสอบ

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.11)$$

% ประสิทธิผลด้านเอนเอียงของการตรวจสอบ

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.12)$$

6. ดำเนินการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขจากดัชนีที่คำนวณได้จากดัชนีตามสมการ(2.9) ถึง (4) โดยที่ว่า ถ้า% ความทวนซ้ำได้ของพนักงานตรวจสอบ (%appraiser score) มีคะแนนต่ำกว่า 100 % แล้ว มีความจำเป็นต้องทำการอบรมพนักงานรวมทั้งมีการประเมินผลพนักงานใหม่เพื่อปรับปรุงให่ความทวนซ้ำได้ดีขึ้น แต่ถ้าหาก % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score) มีค่าต่ำกว่า 100 % แล้วจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบเสียใหม่ หรือมิฉะนั้นก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ

สำหรับ % ประสิทธิผลด้านความทวนซ้ำได้ของการตรวจสอบ (% screen effective score)

และ ประสิทธิผลด้านเอนเอียงของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score) มีค่าต่ำกว่า 100 % แล้วก็มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้น แล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้อง เพื่อให้ดัชนีทั้งสองมีค่า 100 %

2.3 การใช้เครื่องมือวัด

2.3.1 โดยปกติมีเหตุอยู่ 3 ประการที่ทำให้เราต้องการใช้เครื่องมือวัด

ประการที่ 1 เกิดขึ้นเมื่อเราต้องสร้างหรือทำอะไรสักอย่างหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานต้นแบบที่ต้องการ ตัด กลึง เจาะ เพื่อให้ได้รูปทรงตามที่ต้องการ หรือเป็นชิ้นงานที่ทำขึ้นเพื่อนำไปประกอบกันเป็นสิ่งต่าง ๆ เช่น เรือเดินสมุทรขนาดใหญ่ หรือ เป็นชิ้นส่วนที่มีรูปทรงสลับซับซ้อนของเครื่องจักรหรือเครื่องยนต์ต่าง ๆ ก็ตาม จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดในการปรับตัวเครื่องจักรหรือการทำชิ้นงานเพื่อกำหนดตำแหน่งที่ต้องการตัด กลึง หรือ เจาะ ให้ชัดเจน เพื่อให้ได้ซึ่งงานตามที่ต้องการโดยไม่ต้องเสียเวลาแรงงานในการปรับแต่งอีก

ประการที่ 2 เราใช้เครื่องมือวัดตรวจสอบงานที่ผู้อื่นทำว่าจะเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมยุคปัจจุบันซึ่งเน้นการผลิตปริมาณมากที่ชิ้นส่วนต่างผลิต ๆ จากเครื่องจักรที่ต่างกัน ก่อนนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปการตรวจสอบเพื่อควบคุมให้เครื่องจักรผลิตเฉพาะชิ้นส่วนที่มีคุณลักษณะที่ต้องการจึงเป็นสำคัญเพื่อป้องกันการผลิตชิ้นส่วนที่บกพร่องใช้การไม่ได้ ในการผลิตปริมาณมากนั้นหากเครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับการผลิตได้รับการปรับแต่งให้มีความถูกต้องเที่ยงตรงแล้วจะทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพ ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามที่ต้องการจำนวนมากในเวลาอันสั้น ในขณะที่เครื่องมือวัดที่คลาดเคลื่อนจะนำไปสู่ผลในทางตรงกันข้าม เกิดความเสียหายอย่างมหาศาลได้อย่างรวดเร็วเช่นกัน

ประการที่ 3 เราใช้เครื่องมือวัดเพื่อการศึกษา วิจัย และพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ คงเป็นไปไม่ได้ที่มนุษย์จะเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ โดยไม่อาศัยการวัด ในทางตรงกันข้ามความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของมนุษยชาติขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของการวัดโดยแท้

เมื่อเรามีเหตุให้ต้องวัดสิ่งของ สิ่งใดสิ่งหนึ่ง เราจะเลือกเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับงานที่จะใช้ เพื่อให้ได้ผลการวัดที่ถูกต้องอย่างรวดเร็ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกเครื่องมือวัดมีอยู่ 2 ประการ คือ รูปทรงของสิ่งที่จะวัด กับ ความละเอียดถูกต้องของผลของการวัดที่ต้องการ

2.3.2 การเลือกเครื่องมือวัดให้เหมาะกับรูปทรงของสิ่งที่จะวัด

เครื่องมือวัดแต่ละชนิดได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการวัดที่แตกต่างกันไป เครื่องมืออัดที่ใช้ในการวัดเชิงเส้นนั้นอาจแบ่งอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น 2 จำพวก คือ พวกที่ใช้วัดความยาว เช่น ตลับเมตร ไม้บรรทัด หรือ กลาสสเกล (Glass Scale) เป็นต้น อีกพวกหนึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วัด

ความหนา เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไดอัลเกจ เป็นต้น การนำไม้บรรทัดไปวัดความหนาหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของเหรียญบาท ดูจะยุ่งยากไม่แพ้การวัดความกว้างของแผ่นกระดาษบางด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ การใช้เครื่องมือวัดไม่เหมาะสมกับรูปทรงของสิ่งที่จะวัดไม่เพียงแต่ยุ่งยาก ผลการวัดที่ได้มาก็ไม่น่าเชื่อถือเพราะมีโอกาสคลาดเคลื่อนได้มาก ในปัจจุบันได้มีการออกแบบและผลิตเครื่องมือวัดให้เหมาะสมเป็นการเฉพาะรูปต่าง ๆ ของสิ่งที่จะวัดมากยิ่งขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้โดยกระบวนการผลิตปริมาณมาก เช่น ไมรโครมิเตอร์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

2.3.3 การเลือกเครื่องมือวัดให้มีระดับความถูกต้องเหมาะกับงาน

ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานหรือก่อนซื้อเครื่องมือวัด ผู้ใช้ควรทราบวัตถุประสงค์และขอบเขตของการใช้เครื่องมือวัด เป็นต้นว่า ควรจะรู้ว่าจะวัดอะไร มีขนาดไม่เกินเท่าไร และที่สำคัญที่สุดจะต้องทราบว่า หากมีความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดเกิดขึ้น ยอมให้เครื่องมือวัดนั้นคลาดเคลื่อนได้มากที่สุดเท่าใด

2.3.4 การวัดเพื่อตรวจสอบขนาดของผลิตภัณฑ์ หรือผลิตผล

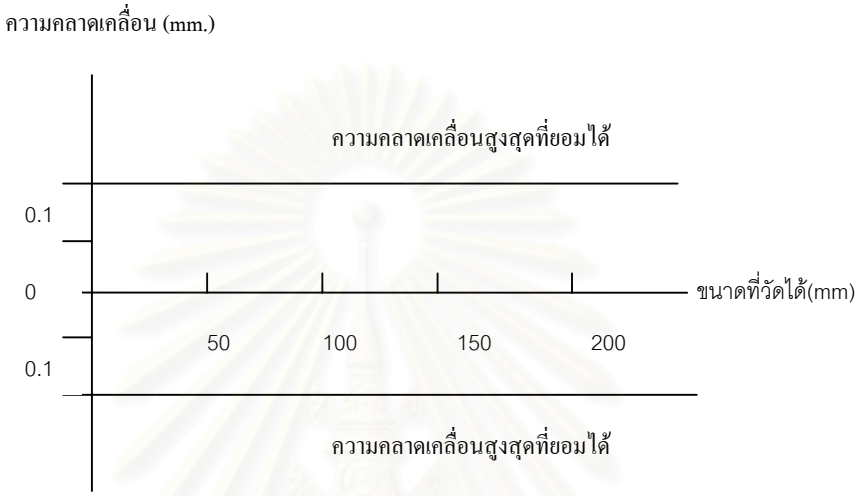
โดยปกติมักมีข้อกำหนดเฉพาะ(Specification) ให้ผลิตภัณฑ์หรือผลิตผลหนึ่ง ๆ มีขนาดของส่วนต่าง ๆ ชัดเจน และมีเงื่อนไขว่าถ้าหากขนาดส่วนต่าง ๆ คลาดเคลื่อนไปจะยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าค่าหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ในการผลิตชิ้นความหนามาตรฐาน (Guage Block) 100 มิลลิเมตร เกรด 2 (มาตรฐาน ISO 3650) ยอมให้ความหนาคลาดเคลื่อนจาก 100 มิลลิเมตร ได้ไม่เกิน $\pm$1.2 ไมครอน หรือเท่ากับ $\pm$0.0012 มิลลิเมตร การเลือกใช้เครื่องมือวัดในกรณี เช่นนี้ เราจะต้องเลือกเครื่องมือวัดที่มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 1 ใน 10 (1/10) ของความคลาดเคลื่อนที่ยอมได้ตามมาตรฐาน ISO 10012 นั่นคือ $\pm$0.00012 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามมาตรฐาน ISO 10012 อนุโลมให้สัดส่วนของความคลาดเคลื่อนมากกว่า 1 ใน 10 ได้แต่จะต้องไม่เกิน 1 ใน 3 การอนุโลมนี้เป็นเหตุผลทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นในตัวอย่างนี้ เราอาจจะอนุโลมให้ใช้เครื่องมือวัด ซึ่งให้ผลของการวัดมีความคลาดเคลื่อนได้ ไม่เกิน 1/3 ของ 0.0012 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับ 0.0004 มิลลิเมตรนั่นเอง

2.3.5 การวัดในงานวิเคราะห์หรือการทดสอบ

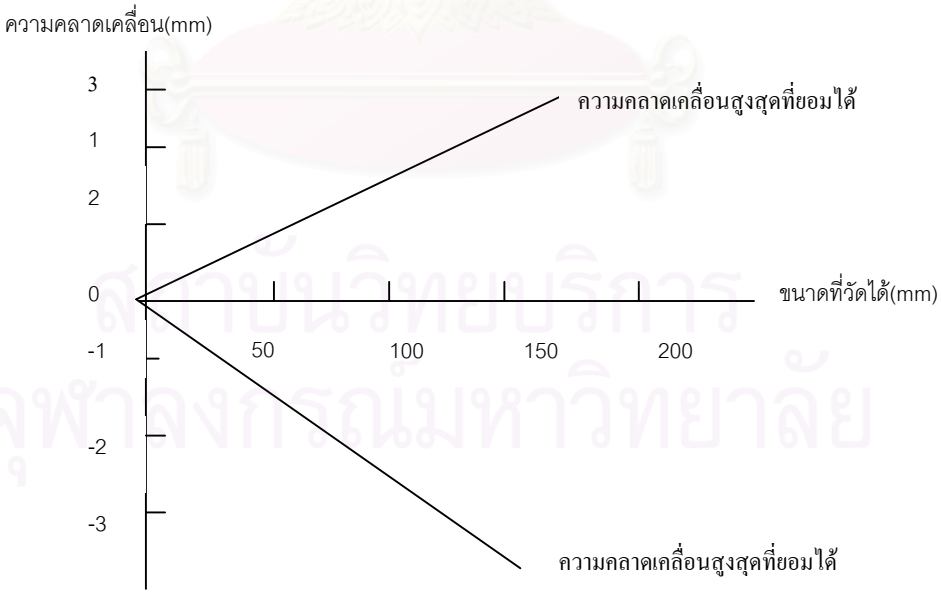
โดยปกติมักจะทำตามมาตรฐานของการวิเคราะห์หรือการทดสอบอันใดอันหนึ่ง เช่น มอก. ISO หรือ JIS ซึ่งมาตรฐานเหล่านี้จะมีวิธีการ ขั้นตอนการทดสอบเขียนไว้ว่าจะต้องทำอย่างไร เครื่องมือที่ใช้จะต้องมีคุณลักษณะเช่นใด สำหรับเครื่องมือวัดที่ใช้ในงานทดสอบนั้น มักจะระบุให้

ความคลาดเคลื่อนได้ระดับหนึ่ง เช่น ไม่เกิน 0.1 มิลลิเมตร หรือ 0.1 % เป็นต้น หากการทดสอบนั้นไม่เป็นไปตามมาตรฐานใด ๆ ข้อมูลเหล่านี้ก็ควรจะเขียนไว้ในคู่มือคุณภาพของหน่วยงานนั้น ๆ

เพื่อให้ง่ายต่อการกำหนดและการตรวจสอบ นิยมแสดงข้อกำหนดของความเคลื่อนสูงสุดที่ยอมได้ด้วยกราฟ ซึ่งในตัวอย่างข้างต้นกราฟจะมีลักษณะดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.9 แสดงความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้ ± 0.1 มิลลิเมตร

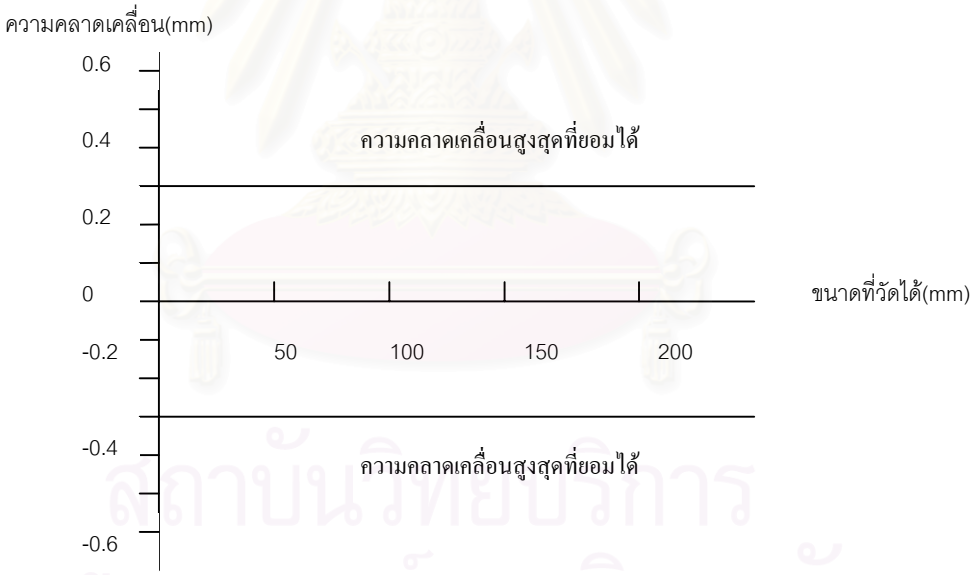


รูปที่ 2.10 แสดงความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้ ±1 %

ในกรณีที่ไม่เคยมีข้อกำหนดมาก่อนว่ายอมให้เครื่องมือวัดที่จะใช้มีความคลาดเคลื่อนได้เท่าใด เราก็สามารถกำหนดได้เอง โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการใช้ เป็นต้นว่า ในการค้าขายเครื่องมือวัดจะต้องไม่คลาดเคลื่อนจนทำให้ผู้ขายขาดทุน หรือกระทำผิดกฎหมายตาม พ.ร.บ ชั่งตวงวัด ส่วนการวัดในขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้น ค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดนั้นจะต้องไม่มากจนทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างไปจากข้อกำหนด สำหรับในวิเคราะห์ วิจัย และทดสอบนั้น ระดับความถูกต้องของผลการวัดจะต้องทำให้งานนั้น ๆ เชื่อถือได้

2.3.6 การวัดทั่ว ๆไป

ในการวัดทั่ว ๆไป มักจะกำหนดว่าต้องการให้ถูกต้องถึงเท่าใด เช่น ต้องการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทรงกระบอกที่กลึงได้ขนาดต่าง ๆ ให้ถูกต้องถึง 1 มิลลิเมตร หมายความว่า ถ้าวัดได้ 97 มิลลิเมตร จะต้องมั่นใจว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทรงกระบอกนั้นเป็น 97 มิลลิเมตร เครื่องมือวัดที่จะนำมาใช้ได้จะต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1/10 ของความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ (ISO 10012) ดังนั้นเครื่องมือวัดที่จะใช้ได้ต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 0.1 มิลลิเมตร หรือโดยอนุโลม 1/3 ของความละเอียดถูกต้องที่ต้องการนั้นคือ $\pm$ 0.3 มิลลิเมตร

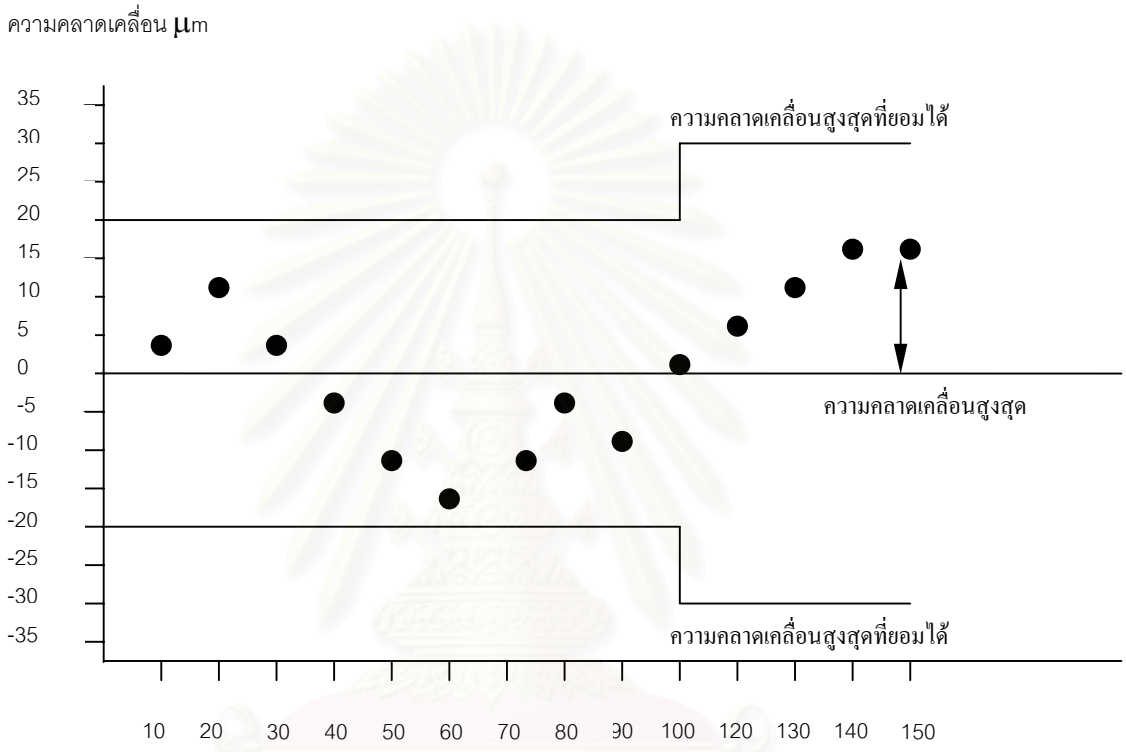


รูปที่ 2.11 แสดงความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้ $\pm$ 0.3 มิลลิเมตร

2.3.7 การผลิตเครื่องมือวัดตามมาตรฐานสากล

โดยทั่วไปผู้ผลิตจะผลิตเครื่องมือวัดให้มีคุณลักษณะตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO เช่น ISO 13385 (สำหรับ Vernier Calliper และ Depth Guage) ISO 9121 (สำหรับ Inernal Micrometer) ISO 463 (สำหรับ Dial Gauge) และ ISO 3611 (สำหรับ External Micrometer) เป็นต้น ซึ่งกำหนด

ขอบเขตของการเคลื่อนสูงสุดเป็นช่วง ๆ เช่น ISO 13385 กำหนดให้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่อ่านได้ละเอียด 0.02 มิลลิเมตร ยอมคลาดเคลื่อนได้ในช่วงต้น 0.02 มิลลิเมตร (ไม่เกิน 100 มิลลิเมตร) ช่วงถัดไป(100 มิลลิเมตร - 400 มิลลิเมตร)ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ 0.03 มิลลิเมตร เป็นต้น ทั้งนี้ขอบเขตของการคลาดเคลื่อนนี้จะแตกต่างไป สำหรับเครื่องมือวัดแต่ละเครื่อง ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และความละเอียด (Repeatability) ของเครื่องมือวัดนั้น ๆ



รูปที่2.12 ตัวอย่างของไดอะแกรมแสดงความคลาดเคลื่อนของคาลิปเปอร์หรือ เกจวัดความลึกที่ช่วงการวัด 0 ถึง 150 มิลลิเมตร

2.3.8 การสอบเทียบ

เมื่อได้กำหนดชัดเจนแล้วว่าต้องการใช้เครื่องมือวัดมาวัดอะไรและยอมให้เครื่องมือวัดนั้นคลาดเคลื่อนได้มากน้อยแค่ไหน ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบก็ต้องจัดซื้อหรือจัดหาเครื่องมือวัดที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในขอบเขตดังกล่าวมาใช้งาน โดยดูจากข้อกำหนดในคุณลักษณะของเครื่องมือวัดซึ่งเป็นข้อมูลที่หาได้จากผู้ผลิตหรือดูจากข้อกำหนดมาตรฐานสากลของเครื่องมือวัดซึ่งเป็นข้อมูลที่หาได้จากผู้ผลิต หรือ ดูจากข้อกำหนดในมาตรฐานสากลของเครื่องมือวัด ในกรณีที่เครื่องมือวัดนั้นได้รับการรับรองว่าผลิตตามมาตรฐานสากล เช่น ISO 13385 สำหรับ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และ เกจวัดความลึก(Depth Gauge) หรือ ISO 3611 สำหรับ ไมโครมิเตอร์วัดขนาดด้านนอก

(External Micrometer) เป็นต้น แต่ความมั่นใจจะเกิดขึ้นได้อย่างไร ถ้ายังไม่มีการทดสอบเพื่อยืนยันว่าเครื่องมือวัดคลาดเคลื่อนอยู่ในขอบเขตที่กำหนดนั้นจริง การสอบเทียบเครื่องมือวัดจึงจำเป็นหัวข้อหลักของการทดสอบเครื่องมือวัดทุกชนิด ดังข้อกล่าวนำในเบื้องต้น การสอบเทียบคือการนำเครื่องมือวัดไปวัดมาตรฐานของการวัดแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างค่านี้วัดได้กับค่าที่ถูกต้องของมาตรฐานของการวัด ผู้ทำการสอบเทียบจะต้องจัดหามาตรฐานของการวัดให้เหมาะสมกับเครื่องวัดและจะต้องมีค่าของมาตรฐานที่ถูกต้องสามารถยืนยันได้อย่างน่าเชื่อถือ

2.3.9 มาตรฐานของการวัดและการสอบกลับได้ (Traceability)

ค่าว่า " มาตรฐาน " (Standard) 2 ความหมาย ดังนี้

1. ความหมายโดยทั่วไป มาตรฐาน(Documentary Standard) หมายถึงมาตรฐานทางเทคนิคที่เขียนไว้เป็นเอกสาร เช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.,ISO,JIS ,BS) ข้อกำหนดคุณลักษณะผลิตภัณฑ์(Specification)ข้อแนะนำทางเทคนิคต่าง ๆ

2. ความหมายในทางมาตรวิทยา มาตรฐาน (Measurement Standards) หมายถึงมาตรฐานของการวัดเช่น มาตรฐานของการวัดความยาว (ได้แก่ ไม้บรรทัดมาตรฐาน แท่งความหนา มาตรฐาน)มาตรฐานของการวัด มวล (ได้แก่ ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน เป็นต้น) มาตรฐานของการวัด เวลา เป็นต้น

2.3.10 ความหมายของมาตรฐานต่าง ๆ ทางมาตรวิทยา

ปัจจัยสำคัญในการสอบเทียบเครื่องมือวัด คือ มาตรฐานของการวัด คุณลักษณะของมาตรฐานของการวัดจะต้องเหมาะกับโครงสร้าง หลักการ ของเครื่องมือวัดที่จะสอบเทียบ โดยมีหลักกว้าง ๆ ว่าเครื่องมือวัดความหนา เช่น ไมโครมิเตอร์ และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ควรจะสอบเทียบด้วย มาตรฐานของความหนา เช่น เกจบล็อก เครื่องมือวัดความบาง เช่น ไม้บรรทัด หรือตลับเมตรก็ควรสอบเทียบด้านมาตรฐานความยาว เช่น ไม้บรรทัดมาตรฐาน หรือ แผนภูมิแสดงระดับความถูกต้องและการสอบกลับได้ แสดงความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดกับมาตรฐานการวัดที่เหมาะสมโดยเครื่องมือวัดหนึ่งควรสอบเทียบกับมาตรฐานการวัดซึ่งโยงขึ้นไปหนึ่งลำดับ เช่น ไมโครมิเตอร์ หรือ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ หรือ ไดอัลเกจ ควรสอบเทียบด้วย เกจกล็อก ในขณะที่ เกจบล็อก ควรสอบเทียบโดย มาตรฐานเกจบล็อก การสอบเทียบเพื่อยืนยันความถูกต้องของเครื่องมือวัดหนึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการบริหารคุณภาพ และมาตรฐานการวัดที่ใช้ในการสอบเทียบนั้น จะต้องได้รับการสอบเทียบด้วยมาตรฐานการวัดที่มีระดับความถูกต้องสูงกว่า หากสังคมใด (เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ประเทศ ภูมิภาค หรือโลก) สามารถจัดให้เครื่องมือวัด และมาตรฐานการวัดทุกตัวได้รับการสอบเทียบด้วยมาตรฐานการวัดที่มีระดับความถูกต้องสูงกว่าแล้ว ในที่สุดเครื่องมือวัดและมาตรฐานของการวัดที่ใช้ในสังคมนั้น ก็จะสามารถอ้างอิงความถูกต้องได้ถึงมาตรฐานที่มีความถูกต้องได้ถึง

มาตรฐานที่มีความถูกต้องสูงสุดอันเดียวกันคือมาตรฐานสากล กล่าวได้ว่าเครื่องมือวัดหรือมาตรฐานการวัด ในสังคมนั้นสามารถสอบกลับได้ (Traceble) ถึงมาตรฐานสากลการวัดระบบความสอบกลับได้นี้เป็นภาระจำเป็นของสังคม โดยเฉพาะในระดับประเทศ ยิ่งประเทศที่พัฒนาด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมด้วยแล้ว ผลการวิจัย วิเคราะห์ ทดสอบและการปรับตั้งเครื่องจักร ต่างขึ้นอยู่กับความถูกต้องของเครื่องมือวัดและมาตรฐานการวัดที่ใช้ท้งสิ้นเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ที่จะเน้นการผลิตปริมาณมาก (Mass Production) ด้วยแล้วความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือหรือมาตรฐานการวัด จะนำความเสียหายมหาศาลมาสู่ผู้ผลิตด้วยเหตุผลว่าผลิต ไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

2.4 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นาย สมนึก เลียบมา : การรับประกันคุณภาพชิ้นงานวัตถุดิบก่อนกระบวนการผลิตในโรงงานประกอบด้วยผลิตภัณฑ์หัวอ่านและบันทึกหน่วยความจำแบบจานแม่เหล็กแข็ง (2538)

การวิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในระบบการวัดด้วยการทำ GR&R Study เพื่อทำการศึกษาเพื่อประเมินความสามารถในการวัด ความเหมาะสมของเครื่องมือวัด และวิธีการวัดต่าง ๆ โดยเลือกเครื่องมือวัดที่นำมาศึกษา 5 เครื่องมือ ได้แก่

1. AIR GAUGE
2. HEIGHT GAUGE
3. CMM
4. VERNIER CALIPER
5. MICRO METER

โดยจะใช้ SPC ในการควบคุมพารามิเตอร์สำคัญบนชิ้นงาน เพื่ออธิบายแนวโน้มของกระบวนการผลิตและเพื่อควบคุมความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

นาย สมภพ ตลับแก้ว : การกำหนดวิธีการควบคุมการแปรผันของระบบการวัดด้วยเทคนิค GRR : โรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2539)

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาถึงปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดการแปรผันในระบบการวัด โดยใช้เทนิค Gage Repreatability and Reproducibility (GRR) โดยเครื่องมือที่ใช้ทำการศึกษาประกอบด้วย 5 ประเภท ได้แก่

1. กล้องไมโครสโคป
2. เครื่องวัดความหนา
3. เครื่องเอ็กซ์เรย์
4. เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์
5. ไมโครมิเตอร์

โดยใช้พนักงานวัดจำนวน 3 คนต่อเครื่องมือวัด 1 เครื่อง ชิ้นงานที่จะนำมาวัดมีจำนวน 8-10 ชิ้นต่อเครื่องมือวัด 1 เครื่อง พนักงานวัด 1 คน ทำการวัดซ้ำ 2 ครั้ง แล้วทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการวัด เพื่อค้นหาสาเหตุ แล้วดำเนินการปรับปรุงแก้ไข เสนอวิธีวิธีการควบคุมแปรผันของเครื่องมือวัด ประกอบด้วย

1. กำหนดวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัด
   1.1 คุณภาพมาตรฐานที่นำมาใช้(Adequacy of Standard)
   1.2 การควบคุมสภาวะแวดล้อม (Environment controls)
   1.3 การกำหนดระยะเวลาในการสอบเทียบ (Interval of Calibration)
   1.4 วิธีการสอบเทียบ(Calibration Procedures)
2. วิธีการควบคุมการแปรผันของวิธีการวัด

มณิศรา โรจนนาค :การพัฒนาระบบสารเทศและกระบวนการการสอบเทียบสำหรับเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดและเครื่องทดสอบ (2540)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน มาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ และพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับเครื่องตรวจสอบ เครื่องมือวัดและเครื่องทดสอบของโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์สำหรับรถยนต์ โดยใช้หลักการของมาตรวิทยาทางด้านมิติและระบบมาตรฐานอุตสาหกรรมระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมและการสอบเทียบเครื่องตรวจสอบ เครื่องมือวัด และเครื่องทดสอบเป็นพื้นฐานในการพัฒนา โดยทำการศึกษา R&R ของระบบการวัดในการเลือกเครื่องมือวัดที่มีความแปรปรวนน้อยเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณลักษณะของชิ้นงาน ร่วมถึงได้จัดทำประวัติและบัญชีรายการเครื่องมือตรวจสอบ เครื่องมือวัด และเครื่องมือทดสอบ ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนในการวางแผนความต้องการเครื่องมือวัด ผลจากระบบสารเทศและกระบวนการสอบเทียบเครื่องตรวจสอบ เครื่องมือวัดและเครื่องทดสอบที่พัฒนาขึ้นทำให้สามารถปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหกรรมระหว่างประเทศได้อย่างสะดวก

สุรนิตย์ ชาลีคาร :การปรับปรุงระบบการควบคุมเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ เพื่อการประกัน คุณภาพ สำหรับโรงงานผลิตพทาลิก แอนไฮไดรด์ (2539)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงระบบการสอบเทียบและการบำรุง รักษาเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ โดยใช้แนวทางของการจัดการด้านการประกันคุณภาพ โดยระบบที่ปรับปรุงใหม่นี้ ได้ทำการจัดทำระเบียบปฏิบัติงาน วิธีการสอบเทียบ การวิเคราะห์ผลการวัดของอุปกรณ์ และคำนวณค่าใช้จ่าย ต้นทุนคุณภาพ โดยเพื่อให้คงไว้ซึ่งความแม่นยำในการใช้งานของอุปกรณ์จึงต้องมีการทำแผนการสอบเทียบอุปกรณ์หลักและเครื่องมือวัดเพื่อให้ยังคงไว้ซึ่งความแม่นยำในการใช้งานของอุปกรณ์นั้น และการนำวิธีการทดสอบความทวนซ้ำได้และความทำซ้ำได้ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่น เพื่อให้มั่นใจถึงความแม่นยำของอุปกรณ์ โดยได้จัดทำระเบียบปฏิบัติงาน แบบฟอร์มและเอกสารที่เกี่ยวข้องในการสอบเทียบ และบำรุงรักษาเครื่องมือวัด อีกทั้งฝึกอบรมและอธิบายขั้นตอนระเบียบปฏิบัติขึ้น ผลการประเมิน พบว่าสามารถลดอัตราการทำงานผิดพลาดของอุปกรณ์ลงได้

Automative Industry Action Group (AIAG) : Measument system Analysis (MSA) (1995)

เอกสารฉบับนี้กล่าวถึง ข้อมูลวัดที่ดีจะต้องเป็นข้อมูลวัดที่มีคุณภาพซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจ ปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างถูกต้อง โดยในเอกสารฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกวิธีการ เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการวัด รวมถึงคำแนะนำเกี่ยวกับการปรับปรุงและพัฒนาระบบการวัด

ชนิดของความผันแปรในระบบการวัดได้แก่

ความเอนเอียง(Bias) ได้แก่ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากการวัดและค่าต้นแบบค่าต้นแบบนั้น ตัดสินใจโดยการเฉลี่ยการวัดหลายๆครั้งด้วยอุปกรณ์การวัดที่แม่นยำที่สุดเท่าที่มี

ความทวนซ้ำได้(Repeatability) ได้แก่ การผันแปรในการวัดที่ได้จากเกจตัวหนึ่ง เมื่อใช้วัดหลาย ๆ ครั้งโดยผู้วัดคนเดียวกัน ในการวัดลักษณะเดียวกันของชิ้นส่วนชิ้นเดียวกัน

ความทำซ้ำได้(Reproducibility) ได้แก่ การผันแปรในค่าเฉลี่ยของการวัดซึ่งวัดโดยผู้ปฏิบัติงานต่างคนกัน โดยใช้เกจตัวเดียวกัน ในขณะที่วัดลักษณะเดียวกันของชิ้นส่วนชิ้นเดียวกัน

ความมีเสถียรภาพ(Stability) ได้แก่ การผันแปรรวมในการวัดซึ่งได้จากเกจที่มีต้นแบบหรือชิ้นส่วนต้นแบบอันเดียวกันเมื่อใช้วัดลักษณะเพียงลักษณะเดียวเกินกว่าระยะเวลาที่ต่อออกไป สำหรับการอธิบายเกี่ยวกับเสถียรภาพที่สมบูรณ์มากว่านี้

คุณสมบัติเชิงเส้นตรง(Linearity) ได้แก่ ความแตกต่างานค่าความแม่นยำทางพิสัยการปฏิบัติงานที่คาดหมายไว้ของเกจ

การประเมินคุณสมบัติของระบบการวัดจะดำเนินการได้ 2 ระยะคือ

ระยะที่ 1 เป็นการทำความเข้าใจกับกระบวนการวัดและพิจารณาว่าสามารถตอบสนองได้ตามความต้องหรือไม่(ซึ่งมีความจำเป็นต้องการดำเนินการก่อนมีการใช้ระบบการวัดกับงานในสายการผลิต)และในกรณีที่จากการพิจารณาพบว่ามีปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมมีผลต่อระบบการวัดแล้วจะต้องดำเนินการให้ระบบการวัดอยู่"ภายใต้สภาวะควบคุม"ในระยะนี้ต้องประเมินถึง ความเอนเอียง(Bias) ความมีเสถียรภาพ(Stability)และ คุณสมบิตเชิงเส้นตรง(Linearity)

ระยะที่ 2 การทดสอบเพื่อทวนสอบระบบการวัด (ซึ่งโดยปกติจะเรียกว่า "GR&R") โดยการทดสอบในระยะนี้จะประกอบด้วยการสอบเทียบ(Calibration) การบำรุงรักษา(Maintenance) และมาตรวิทยา (Metrology) ในระยะนี้ต้องประเมินถึง ความทวนซ้ำได้(Repeatability) และความทำซ้ำได้(Reproducibility)

Juran J.M.: Juran 's Quality Handbook(1988)

กล่าวถึงความคลาดเคลื่อนในระบบการวัดมีผลต่อการตัดสินใจ ดังนั้นจึงควรทำการลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวให้น้อยที่สุด โดยการปรับปรุงระบบการวัด ตัววัดผลการปรับปรุงระบบวัดจะสามารถจะศึกษาจากค่า ความเที่ยงตรง และความแม่นยำในการวัด ซึ่งความคลาดเคลื่อนสามารถจำแนกตามแหล่ง ได้แก่ ความผันแปรภายในพนักงาน ความผันแปรระหว่างพนักงาน ความผันแปรของวัสดุ ความผันแปรของเครื่องมือวัด ความผันแปรของวิธีการวัด และความผันแปรระหว่างห้องปฏิบัติการ

แผนการลดความคลาดเคลื่อน

1. ใช้หลักการของพาเรโตในการหาองค์ประกอบของปริมาณความเคลื่อนที่ยอมรับได้ซึ่งสาเหตุดังกล่าวที่มีผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนในระบบวัดจะมีจำนวนน้อย
2. พยายามลดความผันแปรหลักซึ่งได้แก่เทคนิคการวัดของพนักงานโดยการปรับปรุงเทคนิคหรือใช้เทคนิคใหม่

การควบคุมการสอบเทียบ

เป็นระบบที่รักษาความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดอย่างต่อเนื่อง เมื่อตรวจพบว่าเครื่องมือวัดดังกล่าวอยู่นอกการสอบเทียบแล้วควรทำการปรับแต่งสภาพหรือทำการสอบเทียบใหม่ทันที

การควบคุมเครื่องมือใหม่

ก่อนที่จะทำการรับมาตรฐานและเครื่องมือวัดใหม่ ควรต้องพิสูจน์ให้ได้ว่าเครื่องมือดังกล่าวมีความถูกต้องก่อนการรับเสมอโดยแนวทางที่จะทำการพิจารณาจะจำแนกตามคุณลักษณะของแต่ละชนิด

- มาตรฐานที่มีความแม่นยำ :ถูกควบคุมอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลการสอบเทียบและใบรับรองที่สามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานที่สูงกว่าได้
- มาตรฐานใช้งาน: ควรทำการตรวจสอบการนำเข้าและมีการสาทิตการใช้งาน
- เครื่องมือทดสอบใหม่: ควรทำการตรวจสอบการสอบเทียบก่อนเริ่มใช้งาน
- วัสดุทดสอบ : เป็นส่วนประกอบของมาตรฐานซึ่งเป็นวัสดุที่มีผลกระทบต่อการวัดและการสอบเทียบควรจะมีข้อมูลของวิธีการทดสอบวัสดุดังกล่าวของผู้ผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย:เอกสารอบรมทางวิชาการเรื่องเครื่องมือวัดและการควบคุมกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม (2535)

เอกสารฉบับนี้กล่าวถึงเครื่องมือวัดทำหน้าที่ช่วยให้ผู้ดูแลได้ทราบถึงค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมเพื่อใช้วินิจฉัยว่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์หรือกระบวนการผลิตทำงานหรือได้ดำเนินการในขณะนั้นเป็นอย่างไร เพื่อการควบคุมกระบวนต่าง ๆ ในการผลิตให้ได้มาซึ่งปริมาณและคุณภาพตามมาตรฐานที่ตั้งเป้าหมายไว้ โดยสรุปเครื่องมือวัดเพื่อการควบคุมดังนี้

- เพื่อควบคุมมาตรฐานคุณภาพของสิ่งผลิต
- เพื่อควบคุมประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต
- เพื่อการประหยัดพลังงานหรือการใช้พลังงานอย่างมีสมรรถนะสูงสุด
- เพื่อความปลอดภัยในการผลิต
- เพื่อป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

คุณลักษณะของเครื่องมือวัดและการควบคุมแบ่งการพิจารณาได้ 2 ด้าน ดังนี้

1. คุณลักษณะของเครื่องมือวัดและควบคุมขณะใช้กับค่าตัวแปรที่คงที่(Static Characteristics)ซึ่งต้องพิจารณาคุณภาพ 3 ประการ คือ

- Accuracy
- Reproducibility
- Sensitivity

2. คุณลักษณะของเครื่องมือวัดและการควบคุมขณะใช้กับค่าตัวแปรที่เปลี่ยนแปร (Dynamic Characteristics)ซึ่งต้องพิจารณาคุณลักษณะ 2 ประการคือ

- Responsiveness
- Fidelity

สมโภชน์ บุญสนิท : การสอบเทียบไมโครมิเตอร์และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ด้วยเกจบล็อก (2538)

อธิบายถึงความถูกต้องเที่ยงของเครื่องมือวัดนั้นส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการผลิตปริมาณมาก ที่ผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นผลิตขึ้นจากการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดขนาดอาจทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ มีขนาดไม่ตรงตามข้อกำหนด(Specification) และไม่สามารถประกอบกับเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้ ดังนั้นจึงเสนอแนวทางป้องกันโดยให้องค์กรจัดระบบการบริหารคุณภาพโดยการดูแลและรักษาเครื่องมือให้มีความถูกต้องอยู่เสมอ

การสอบเทียบคือการนำเครื่องมือวัดนั้นไปวัดมาตรฐานของการวัดแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดกับค่าของมาตรฐานของการวัด เมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถยอมรับได้ในเครื่องมือวัดนั้น ต้องทำการปรับเครื่องมือนั้นก่อนจึงจะสามารถให้เครื่องมือนั้นต่อได้ และอธิบายขั้นตอนการ สอบเทียบไมโครมิเตอร์และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยใช้เกจบบล็อก รวมถึงการดูแลรักษาเครื่องมือวัดและเกจบล็อก

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ : การวิเคราะห์ระบบการวัด(2542)

ได้กล่าวถึงแนวความคิดในการวิเคราะห์ระบบการวัดซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อ การวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด ด้วยการจำแนกเป็นสาเหตุต่าง ๆ และกำจัดปริมาณความคลาดเคลื่อนที่สามารถควบคุมได้ก่อนได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาดโดยการทำให้ระบบเป็นมาตรฐาน และกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบโดยการสอบเทียบซึ่งเป็นวิธีการในการถ่ายค่ามาตรฐานของค่าวัดจากมาตรฐานที่สูงกว่าสู่มาตรฐานที่ต่ำกว่า โดยระบบการสอบเทียบนี้ต้องสามารถสอบกลับได้(Traceability) และอธิบายแนวคิดของการวัดเพื่อการประกันคุณภาพ มีความจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจับสาเหตุแห่งความผิดพลาดแล้วทำการกำจัดทิ้ง ควบคู่ไปกับการพยายามลดสาเหตุธรรมชาติแห่งความผันแปรอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 3
ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับบริษัทและกรรมวิธีการผลิต

3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับบริษัท

บริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษา : เป็นบริษัทผู้ส่งมอบชิ้นส่วนสำหรับรถยนต์ และชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์

สถานที่ตั้ง : บางปู

พื้นที่ทั้งหมด : 45,200 m^2(28.25 ไร่)

พื้นที่ตัวอาคาร : 13,539 m^2

ประวัติโรงงาน

บริษัทตั้งอยู่ทางตอนใต้ของกรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งก่อตั้งในปี 1963 และได้รับรางวัล Thai Bord of Investment Promotion privileges ในปี 1964

ในช่วงที่ความก้าวหน้าด้านอุตสาหกรรมเจริญเติบโต บริษัทเป็นผู้บุกเบิกรุ่นใหม่ในอุตสาหกรรมแถบนี้ และมีเป้าหมายในการผลิต คือ leaf spring ,coil springs stabilizer bars,seat assemblies, motorcycle seats ,door trim, head lining , rear packages,sunvisor,mud guards, precision springs,engine value springs

ในช่วงปี 1991 ที่ความต้องการทางอุตสาหกรรมประเภทชิ้นส่วนรถยนต์มีความต้องการสูง และอยู่ในช่วงการขยายความต้องการทางตลาดสูง บริษัทจึงก่อตั้งสาขาย่อยที่สอง ขึ้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ซึ่งที่แห่งนี้ เป็นสายการผลิตเกี่ยวกับชิ้นส่วนรถยนต์และจักรยานยนต์ เบาะนั่ง head lining, sunvisor, seat adjusters, recliner, vacuum forming products, mud guard , battery tray.

3.2 การจัดองค์กร (ORGANIZATION)

ลักษณะการจัดองค์กรของโรงงานตัวอย่างนี้จะมีการจัดองค์กรตามหน้าที่การทำงานและความรับผิดชอบ (BY Function) ซึ่งมีทั้งหมด 10 แผนกซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. **แผนก QS 9000** ซึ่งมีหน้าที่หลักโดยแบ่งออกเป็น3 ส่วน ดังนี้

QS 9000 SYSTEM ผิดชอบงานด้านการสนับสนุนช่วยเหลือให้ความรู้ และประสานงานกับทุกแผนก ในการจัดวางระบบบริหารงานด้านคุณภาพของโรงงานรวมทั้งบำรุงรักษาและพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพต่อไป

- ดำเนินการให้เป็นตามระบบ QS และระบบอื่น ๆที่จะมีขึ้นในอนาคต
- ควบคุม Procedure Work instruction
- รับและแจกจ่ายเอกสารควบคุม
- จัดทำเอกสารตามคำร้องของใบ Car
- ให้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับ QS –9000 หรือระบบอื่น ๆ จะมีขึ้นในอนาคต

DEFECT IN FACTORY

- รวบรวมข้อมูลของเสียในโรงงาน
- วิเคราะห์ปัญหา และหาสาเหตุ
- หาแนวทางแก้ไข หรือปรึกษาวิธีการแก้ไขร่วมกับแผนกอื่น
- วางมาตรฐานและการป้องกัน
- สรุปผลเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้

CARMAKER ACTIVITY

- ประชุมร่วมกับกลางเพื่อรับข้อมูล
- จัดตั้งทีมเพื่อดำเนินกิจกรรม
- ดำเนินกิจกรรมเพื่อสรุปผล
- สรุปเปรียบเทียบเป้าหมาย และประกาศผลงานกิจกรรม

2 . แผนก DELIVERY

หน้าที่หลักแบ่ง 3 ส่วนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การวางแผนและการบริการ

- วางแผนการผลิตสินค้าสำเร็จรูปให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า
- วางแผนการจัดส่งให้ทันตามกำหนดของลูกค้า
- บริหารงาน คลัง สินค้าสำเร็จรูป
- วางแผนและบริหาร กำลังคน รถบรรทุก การบรรจุและพื้นที่การเก็บรักษา
- การออก Invoice Delivery Slip
- การควบคุม ติดตามผล และประเมินผลการปฏิบัติงาน
- ควบคุมการปฏิบัติงาน โดยทั่วไปของพนักงานในแผนกให้ได้ตามนโยบายและกฎระเบียบของบริษัท
- ควบคุมจำนวนการผลิตให้ได้ตามแผนการผลิต
- ควบคุมสินค้าสำเร็จรูปให้มีเพียงพอที่จะใช้จัดส่งให้กับลูกค้า
- ควบคุมการจัดส่งให้ได้ตามเวลาที่กำหนดกับลูกค้า
- ประเมินผลการให้คะแนนการจัดส่งของลูกค้า

- ประเมินผลการให้คะแนนการจัดส่งของลูกค้า
- ควบคุมดูแลรักษาซ่อมบำรุง รถบรรทุก การบรรจุ และพื้นที่การเก็บรักษา
- ควบคุมดูแล เครื่องคอมพิวเตอร์ การออกแบบ Invoice Delivery Slip ตลอดจนโปรแกรมต่าง ๆ ในเครื่อง คอมพิวเตอร์

2. การประสานงาน

- ประสานงานกับแผนกผลิตในการวางแผนการผลิตในโรงงาน
- ประสานงานกับลูกค้าในกรณีต่าง ๆ ในด้านการจัดส่ง
- ประสานงานกับแผนกคุณภาพ ในการรักษาสินค้าให้อยู่ในสภาพที่ดีจนถึงมือของลูกค้า ตลอดจนขอความคิดเห็นให้เรื่องของ การบรรจุรุ่นใหม่ ๆ
- ประสานงานกับฝ่ายขายเกี่ยวกับการสั่งซื้อของลูกค้า
- ประสานงานกับฝ่ายจัดซื้อในการสั่งทำ และสั่งซื้อ Package ต่าง ๆ
- ประสานงานกับฝ่ายคอมพิวเตอร์ ในเรื่องของข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์ Invoice Delivery Slip ตลอดจนการวางแผนการผลิตต่าง ๆ
- ประสานงานกับฝ่ายวิศวกรรม ในเรื่องของการออกแบบ การบรรจุชิ้นงานและรุ่นใหม่
- ประสานงานกับฝ่ายออกแบบในเรื่องของรุ่นใหม่ ๆ ตัวอย่างในการออกแบบการบรรจุ
- ประสานงานกับฝ่าย IFC ในเรื่องของความเคลื่อนไหวในการเริ่มการผลิตของลูกค้าในรุ่นใหม่

3. แผนก PART CONTROL

หน้าที่หลักแบ่ง 3 ส่วนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การวางแผนและการบริหาร

- วางแผนสั่งซื้อวัตถุและชิ้นส่วนทั้งในและต่างประเทศให้เพียงพอ และทันเวลาในการผลิต
- ดำเนินการรับจ่ายวัตถุดิบและชิ้นส่วน โดยสโตร์ในโรงงาน และบริหารให้มีประสิทธิภาพ
- ดำเนินการสั่งซื้อ สั่งทำ วัตถุดิบ ชิ้นส่วน อุปกรณ์ ตามใบขอซื้อจากหน่วยงานต่าง ๆ
- วางแผนสั่งซื้อควบคุมวัสดุอุปกรณ์สิ้นเปลือง ที่ในโรงงาน และหน่วยงานต่างๆ

- ให้ข่าวสารข้อมูลด้านการผลิต การสั่งซื้อ ประมาณการสั่งซื้อล่วงหน้า แก่ผู้ส่งมอบ
- ร่วมกับฝ่ายจัดซื้อในการประเมินผู้ส่งมอบ โดยให้ข้อมูลด้านการส่งของ การเคลม และความร่วมมือด้านต่าง ๆ
- รับและบริหารชิ้นส่วนที่ทางลูกค้า และผู้ส่งมอบมาใช้ในการผลิต

2. ควบคุมปริมาณ วัตถุดิบ และสินค้าคงคลัง ให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมตามเป้าหมาย

- ควบคุมปริมาณวัตถุดิบและสินค้าคงคลังห้มียอดถูกต้องตามบัญชีสินค้าคงคลัง
- ควบคุมไม่ให้เกิดการขาดวัตถุดิบและชิ้นส่วนจนเป็นผลให้ส่ายการผลิตต้องหยุด
- ควบคุมไม่ให้เกิดสินค้าค้างสต๊อก (Dead Stock)
- ควบคุมให้การผลิตในรถรุ่นใหม่หรือชิ้นส่วนใหม่เป็นไปโดยราบรื่น

3. การประสานงาน

- ร่วมกับฝ่ายจัดซื้อและแผนกประกันคุณภาพในการประเมินผู้ส่งมอบ
- ร่วมกับแผนกประกันคุณภาพ ในการแก้ไขปัญหาการเคลม (Claim)
- ร่วมกับแผนกบัญชีในการตรวจสอบ ตรวจนับ ปริมาณสินค้าคงคลัง
- ร่วมกับแผนกต่าง ๆ ในการพัฒนาวัตถุดิบ และชิ้นส่วนทั้งในด้านคุณภาพและต้นทุน

4. แผนก FACTORY ADMIN & IFC

หน้าที่หลักแบ่ง 3 ส่วนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. งานวางแผน

- จัดการรวบรวมตารางการผลิตของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์เกี่ยวกับ New Model และ Minor Change เท่าที่จะหาแหล่งข้อมูลได้
- จัดทำตารางการทำงานเพื่อนำเสนอ และประชุมร่วมกับแผนกที่เกี่ยวข้องเพื่อสรุปเป็นตารางการทำงานในการนำเสนอลูกค้า และเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานต่อไป
- ปรับ ตารางการทำงานให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า และความเหมาะสมในการทำงานของบริษัท

2. งานติดตามและประสานงาน

ขณะทำอุปกรณ์การผลิต

- ตรวจเช็คสภาพความคืบหน้าของอุปกรณ์ และวัสดุ เช่น Import Part , Local Part , Leather ฯลฯ สำหรับการทำ Trail และ Mass Production
- สรุปรายละเอียดการปรับเปลี่ยนให้ชัดเจนก่อนทำการ Trial ทุกครั้ง
- จัดทำแผนการ Trial ให้ชัดเจน และกำหนดผู้รับผิดชอบ
- จัดประชุมเพื่อตรวจสอบความคืบหน้า และติดตามผล
- กำหนดเป้าหมายในการ Trial แต่ละครั้ง

ขณะทดลองการผลิต (TRAIL PRODUCTION)

- ติดตามการ Trial ให้เป็นไปตาม SCHEDULE ที่กำหนด
- ติดตาม และประสานงานเกี่ยวกับ Local Part ให้ไปตาม ตารางการผลิต เพื่อให้สอดคล้องกับการ Trial L ภายในบริษัท
- จัดประชุมสรุปปัญหาในการ Trial และวิธีการแก้ไข และติดตามผล
- จัดการประชุมชิ้นงาน Trial Production ก่อนนำส่งลูกค้า โดยมีผู้จัดการ และผู้ที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมประชุม
- ติดตามและประสานงานกับลูกค้าในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการ Trial Production ของลูกค้า

ขณะการผลิต (MASS PRODUCTION)

- ก่อน Mass Production ให้จัดประชุมเพื่อตรวจสอบความคืบหน้าครั้งสุดท้าย และในรายละเอียดทั้งหมด และให้ผู้จัดการโรงงานตัดสินใจว่าเริ่ม SVP ได้หรือไม่
- ในการเริ่ม Mass Production ถ้ามีปัญหาเรื่องอุปกรณ์ หรือเครื่องจักร ต้องสรุปให้ชัดเจนว่าแต่ละกระบวนการผลิตเป็นอย่างไร และกำหนดให้ผู้ที่เกี่ยวข้องแก้ไขให้เป็นระบบการผลิตแบบถาวร
- ส่งมอบชิ้นงานโดยประสานกับฝ่ายขายเพื่อส่งต่อไปยังลูกค้า

หลังทำการผลิตแล้ว

- IFC กำหนดระยะเวลา และเป้าหมายว่าจะรับผิดชอบถึงไหน โดยเป็นระบบที่ผู้จัดการโรงงานตัดสินซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพความสำเร็จของงาน

3. แผนก COST CONTROL

งานด้านต้นทุน

- กำหนดต้นทุนเป้าหมาย
- ติดตามต้นทุนจริง
- กำหนดต้นทุนมาตรฐาน

งานด้านการวางแผนระยะกลาง และจัดทำงบประมาณ

- จัดทำแผนกำไรส่วนต่าง

งานด้านติดต่อกับต่างประเทศ

- รับและออกเอกสาร
- งานเกี่ยวกับรับผู้ที่จะมาช่วยงาน
- งานเกี่ยวกับการสั่งซื้อ กำหนดส่งมอบวัสดุต่าง ๆ (ที่ไม่ใช้ในการผลิต)

งานสรุป M/C INVESTMENT ACTUAL

- จัดทำ M/C Investment Actual Monthly Report
- จัดทำ M/C Investment Actual Monthly Report Yearly Report

งานแปล และล่าม

- พิมพ์เอกสานภาษาญี่ปุ่น
- งานแปลเอกสาร
- งานล่ามเฉพาะกิจ

งานวิเคราะห์ผลงานแต่ละเดือน และจัดการทำเอกสาร

- จัดทำรายงานเปรียบเทียบงบประมาณกับจริงในแต่ละเดือน

งานด้านธุระการทั่วไป

- การจัดการเอกสาร
- งานช่วยเหลือ Starff ชาวญี่ปุ่น
- การจัดการเอกสารเกี่ยวกับ 5 S

5. แผนก MANUFACTURING

หน้าที่หลักแบ่ง 3 ส่วนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การวางแผนและการบริหาร

- วางแผน Capacity แต่ละแผนก เพื่อทราบ M/C Capacity และ Capacity ของสายการผลิต
- วางแผนกำลังคนและ Over Time

- วางแผน KANBAN สั่งการผลิต ภายในแผนกในรุ่นปัจจุบันและรุ่นใหม่
- วางแผนการลด MHV เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
- วางแผนเตรียมสายการผลิตรุ่นใหม่ พร้อมทั้ง Trial Production
- วางแผน มาตรฐานการทำงาน และมาตรฐานวัตถุดิบ

2 . การควบคุม ติดตามผลและประเมินผลการปฏิบัติงาน

- ควบคุมและติดตามให้ผลิตตาม KANBAN
- ติดตามและแก้ไขการผลิตล่าช้า
- ประเมินผล MHV และ Over Time แต่ละเดือน
- ควบคุมให้ MHV เป็นไปตาม Plan

3. การประสานงาน

- ประสานงานและให้ความร่วมมือกับแผนกอื่นเพื่อแก้ไขปัญหา
- ให้คำแนะนำแก่พนักงานในด้านต่าง ๆ
- ส่งเสริมและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่บริษัทจัดขึ้น

6. แผนก DESIGN

หน้าที่หลักซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ติดต่อกับลูกค้าเพื่อรับข้อมูลข่าวสารสำหรับการออกแบบ
2. ออกแบบผลิตภัณฑ์
   2.1 พิจารณา และกำหนด ข้อกำหนดเฉพาะโดยคำนึงถึงต้นทุน คุณภาพ ประสิทธิภาพการผลิต และ ตารางการผลิต เพื่อนำเสนอลูกค้าและสรุป
   2.2 กำหนดมาตรฐานในการออกแบบ (เช่น มาตรฐานเฉพาะชิ้นส่วนมาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์ , อื่น ๆ
   2.3 เขียนแบบ
   2.4 เข้าร่วมในการ Trial และปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแบบให้เหมาะสมกับการผลิต
3. ออกเอกสารเกี่ยวกับการออกแบบ
   3.1 Making List
   3.2 Idea Specification
   3.3 Import & Specification
   3.4 Part List

3.5 Foam List & Foam Approval (Foam Specification)

3.6 Patterm Specification

3.7 Assembly Sketck

3.8 Cover Materal Specification

3.9 Modification Information

3.10 Testion Report

4. ทดลองผลิตภัณฑ์ตามแบบ โดยผ่านแผนก Trial
5. ทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามแบบ โดยผ่านห้อง Test
6. ติดตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกแบบ
7. รับผิดชอบแผนก Trial & Test
8. ให้ความร่วมมือแก่แผนกอื่น ๆ ในการแก้ปัญหา และอื่น ๆ
9. ส่งเสริมและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่บริษัทจัดขึ้น

7. แผนก PERSONEL & GENERRAL AFFAIR

หน้าที่หลักแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. การวางแผนและการบริหาร

- ดูแลความสะอาด ความเป็นระเบียบเรียบร้อยของพื้นที่ภายในโรงงาน
- วางแผนบริหาร จัดการ การดำเนินงานและการปฏิบัติงานในหน่วยงาน
- วางแผนการดำเนินงานประจำปี เพื่อให้สอดคล้องกับแผน A ที่ผู้บังคับบัญกำหนด
- กำหนดงบประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ตามแผนงานประจำปีที่กำหนดไว้
- พัฒนา เสนอแนะ ให้คำปรึกษา และสร้างขวัญกำลังใจ ทัศนคติ ผู้ใต้บังคับบัญชา

2 การควบคุม ติดตามผลและประเมินผลการปฏิบัติงาน

- ควบคุมการรักษาระเบียบวินัย คำสั่งกฎข้อบังคับ คำสั่งโดยชอบธรรมของผู้บังคับบัญชา
- ควบคุม ตรวจสอบ เวลาการทำงานของพนักงาน ทั้งในวันทำงานปกติ การทำงานในวันหยุดและการทำงานล่วงเวลา
- ควบคุมดูแลความปลอดภัย และป้องกันการสูญหายของทรัพย์สิน
- ควบคุมดูแลการจำหน่าย Scrap ให้เป็นไปตามอัตราที่ฝ่ายกิจการทั่วไปกำหนดไว้

- ควบคุม ติดตาม ดูแล โรงงาน ความหลากหลายของอาหาร รสชาติ ปริมาณ คุณภาพ ความสะอาด ความสะดวก รวมถึงเครื่องมือเครื่องใช้ อุปกรณ์และพื้นที่

3. การประสานงาน

- ประสานกับฝ่ายบุคคล ในการเตรียมกำลังคน การลงโทษทางวินัย สวัสดิการ เงินเดือนและสิทธิผลประโยชน์
- ประสานงานกับฝ่ายกิจการทั่วไป ในการสั่งซื้อ วัสดุครุภัณฑ์และอุปกรณ์สำนักงาน
- ประสานงานกับ ทุกแผนกในโรงงาน เพื่อจัดส่งอัตรากำลังคน การลงโทษพนักงานที่ทำผิดวินัย
- ประสานงานกับ ฝ่ายจัดซื้อ ในการสั่งจ้างที่เกี่ยวกับงานก่อสร้างที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน
- ประสานงานกับ ฝ่ายขาย ในการส่งชิ้นส่วน วัตถุดิบ ตลอดจนสินค้าตัวอย่างไปทดสอบ ยังต่างประเทศ
- ประสานงานกับ Car Maker Activityต่าง ๆ ตามที่ได้รับมอบหมายจากบริษัท
- เก็บรวบรวมและเป็นศูนย์กลางในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับประกาศ คำสั่ง บันทึกภายในต่าง ๆของบริษัท

8. แผนก PRODUCT DEVELOPMENT

หน้าที่หลักซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. รับข้อมูลรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ทาง ต้องการ
2. ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ทาง Car Marker จัดส่ง
3. ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวตามมาตรฐาน
4. ประชุมร่วมและส่งผลการทดสอบและผลิตต้นแบบให้ Car Marker

9. แผนก QUALITY ASSURANCE

หน้าที่การทำงานหลักมีรายละเอียดดังนี้

- วางแผนการประกันคุณภาพโดยจัดทำ Master Plan สำหรับ New Model หลังจากได้รับ Drawing หรือประชุม Model Specification มาแล้ว 2 สัปดาห์
- ประชุมสรุป Specification กับ Car Marker New Model

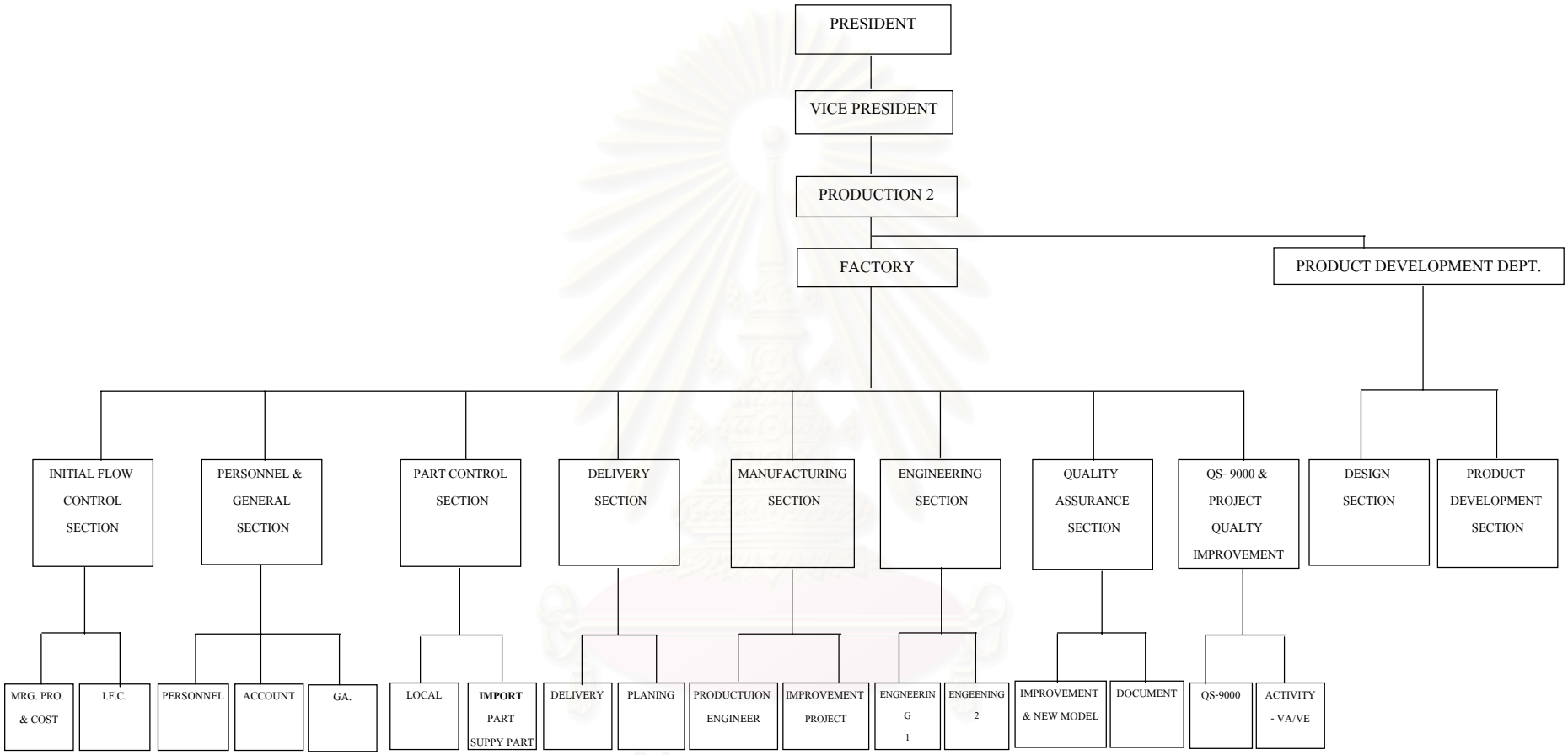
- ประชุมสรุป แผนการผลิตของ New Model
- ประชุมร่วมกับหน่วยงานอื่น ๆ สรุปปัญหาและแก้ไขปัญหาภายในโรงงาน
- จัดให้มีการอบรมให้กับพนักงาน
- ประเมินผลระดับการประกันคุณภาพของ กระบวนการผลิต และติดตามผลเพื่อยกระดับการประกันคุณภาพ
- ร่วม Trail งาน New Model และเก็บบันทึกรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ และแก้ไขให้ดีขึ้นไป (บันทึกข้อมูลโดยใช้เอกสาร " Part History" รวมถึงปัญหาช่วง Mass Production ด้วย และFollow up History)
- ตรวจวิเคราะห์หาสาเหตุ Part ผิดปกติ ที่เกิดขึ้นทั้งในโรงงานและที่ Car maker พร้อมทั้งดำเนินการประสานงานกับหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อหาวิธีการแก้ไข ตลอดจนติดตามผลภายหลังการแก้ไข
- วิเคราะห์และตรวจสอบปัญหา User Claim แล้ว Follow up และ Feed back ไปยังฝ่ายผลิตเพื่อร่วมกันป้องกันปัญหา และจัดทำ QA Matrix
- ให้คำแนะนำและชี้แนะแก่แผนกจัดส่ง และแผนก Manufactureเกี่ยวกับเรื่อง Pallet Pallet Goods in process

10.แผนก ENGINEER

- รับผิดชอบงานเครื่องจักรภายในโรงงานให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อเกิดปัญหาเสียชำรุดสามารถแก้ไขได้ทันที
- รับผิดชอบงานด้านการปรับปรุง , ซ่อมบำรุง เครื่องมือ ต่าง ๆ ของ New Model
- ออกแบบการควบคุมเครื่องมือและเครื่องจักร
- โปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
- วิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรเสียและชำรุด
- หาแนวทางหรือวิธีการแก้ไขเครื่องจักรที่ชำรุดให้ใช้ได้ตามปกติ
- ปรับปรุงเครื่องจักร ในส่วนที่คาดว่าจะทำให้เกิดหยุดทำงาน
- ค้นหาชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมมาเปรียบเทียบของเดิมที่ชำรุดในเครื่องจักร
- วิเคราะห์หาส่วนสำคัญของเครื่องที่คาดว่าต้องชำรุดและเสียหายง่ายเพื่อทำการ PM
- ออกแบบ เตรื่องมือและเครื่องจักรที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิตชิ้นงานโดยคำนึงถึง Cycle Time

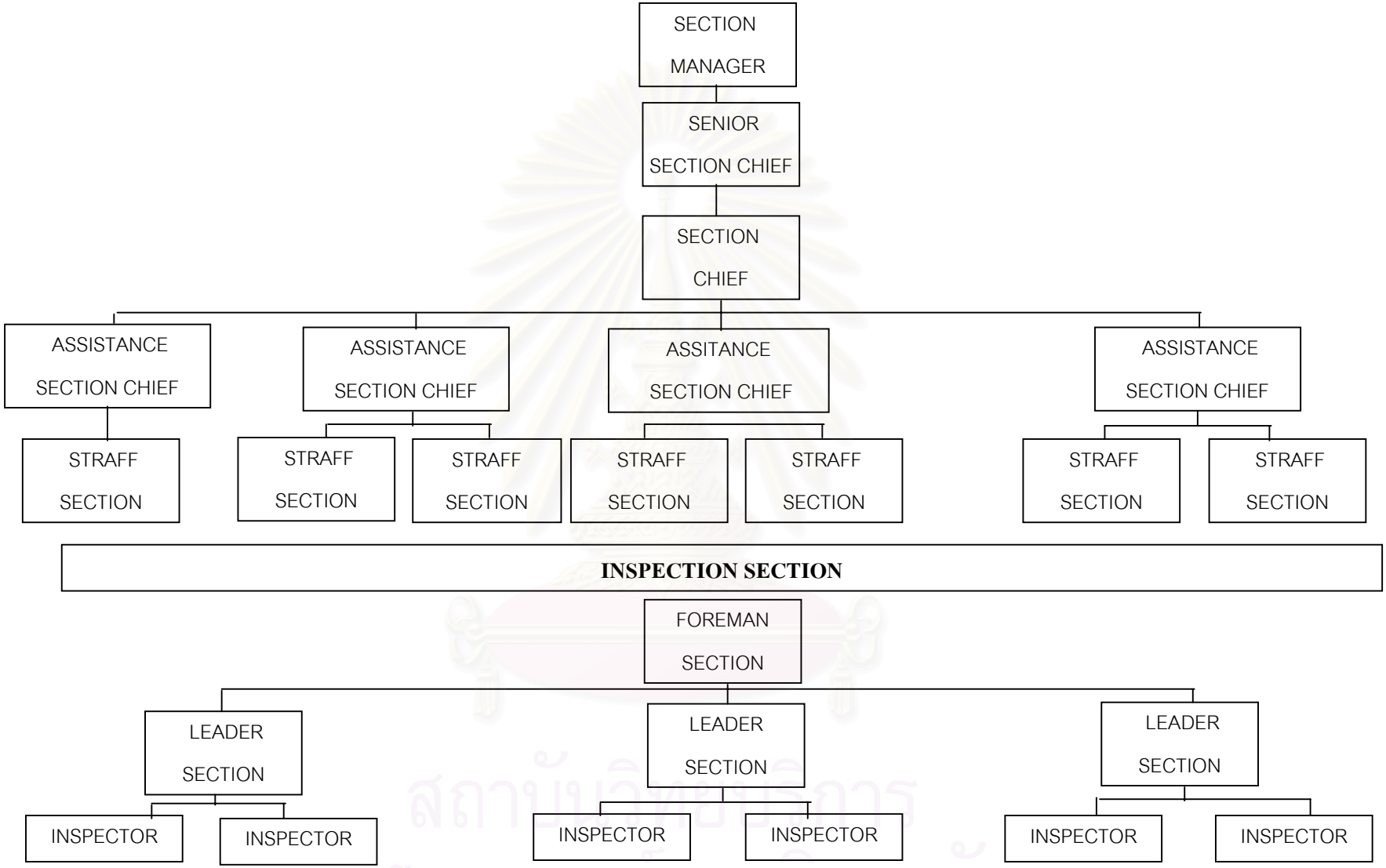
- คอยติดตามงานแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบเครื่องมือ
- Trial ชิ้นงานใหม่ที่ได้รับมอบหมาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 แผนผังองค์กรของบริษัท



รูปที่ 3.2 แผนผังองค์กรของแผนกประกันคุณภาพ

3.3 กรรมวิธีการผลิต Slide Recliner

Slide Recliner ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่างนี้ เป็นชิ้นส่วนสำคัญสำหรับเบาะรถยนต์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์เพื่อใช้ในการยึดติดกับตัวถังรถยนต์มีหน้าที่หลักในการปรับตำแหน่งแบ่งเป็น 2 ส่วน

1. ใช้ในการปรับเพื่อเลื่อนตำแหน่งให้เหมาะสมกับผู้ขับขี่แต่ละคน
2. ใช้ปรับระยะเอนพิงเพื่อความสะดวกสบายในขณะขับขี่ของผู้ใช้งาน

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างดังกล่าวจัดเป็นชิ้นส่วนที่ต้องการความถูกต้องสูงเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการความปลอดภัย(Safety Parts)ในขณะใช้ขับขี่รถยนต์ ถ้านำชิ้นส่วนไม่ได้มาตรฐานมาประกอบแล้วอาจทำให้เกิดอันตรายกับผู้ขับขี่รถยนต์ได้

ส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการผลิต Slide Recliner แบ่งเป็น 2 ส่วน

1. ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ผลิตโดย Suppier
2. ชิ้นส่วนที่ทางบริษัทเป็นผู้ผลิต

ขั้นตอนการผลิต

แบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอนตามชิ้นส่วนดังนี้

1. ทำการประกอบชิ้นส่วน RECLINER LH “D”

1.1 ชิ้นส่วน BRACKET “A” ข้างซ้ายเข้าเครื่อง Press โดยผ่าน DIE MAKER, PROGESSIVE DIE, FORM DIE, PIERCE DIE ตามลำดับ

1.2 เชื่อม HOOK CABLE (LH) เข้ากับชิ้นงาน นำไปจุ่มสีเพื่อทำการเคลือบผิว

1.3 ประกอบชิ้นส่วน PIN SPIRAL, SECTOR GEAR “ E”, RIVET “A”, STOPPER PIN เข้ากับชิ้นงาน รอเพื่อจะนำไปประกอบในขั้นตอนต่อไป

1.4 ประกอบ LEVER RECLINER(LH), LINK, PINLINK, REAR LEVER (LH) เข้าด้วยกันโดยใช้ SUB ASS’Y DIE

1.5 ประกอบ PART “D” , KNOB RECLINER และชิ้นงานรอประกอบในข้อ 4.

1.6 ประกอบ TENSION SPRING

2. ทำการประกอบชิ้นส่วน PART “D”

2.1 ประกอบ BRACKET “B”และ WELD NUD ด้วยวิธีการ SPOT WELDING

2.2 ประกอบ MAIN SHAFT

2.3 ประกอบ FRONT CUSIOH BRACKET และ REAR CUSIOH BRACKET การ SPOT WELDING

2.4 ทำการใส่PIN CAM บน JIG PRESS RIVET

2.5 นำชิ้นงานที่ประกอบเสร็จไปจุ่มสีเพื่อทำการเคลือบผิว

2.6 ประกอบ RIVET “C” และ PIN GEAR บนชิ้นงาน

3. ทำการประกอบชิ้นส่วน RECLINER (LH)

3.1 ชิ้นส่วนBracket “A” ข้างขวาเข้าเครื่อง Press โดยผ่าน DIE MAKER, PROGESSIVE DIE, FORM DIE, PIERCE DIE ตามลำดับ

3.2 เชื่อม HOOK CABLE (LH) เข้ากับชิ้นงาน

3.3 นำชิ้นงานไปจุ่มสีเพื่อทำการเคลือบผิว

3.4 ประกอบชิ้นส่วน PIN SPIRAL, SECTOR GEAR “ E”, RIVET “A”, STOPPER PIN เข้ากับชิ้นงาน รอเพื่อจะนำไปประกอบในขั้นตอนต่อไป

3.5 ประกอบ BRACKET “B”และ WELD NUD ด้วยวิธีการ SPOT WELDING

3.6 ประกอบ MAIN SHAFT

3.7 ประกอบ FRONT CUSIOH BRACKET และ REAR CUSIOH BRACKET ด้วยวิธีการ SPOT WELDING

3.8 ทำการใส่PIN CAM บน JIG PRESS RIVET

3.9 นำชิ้นงานที่ประกอบเสร็จไปจุ่มสีเพื่อทำการเคลือบผิว

3.10 ประกอบ RIVET “C” และ PIN GEAR บนชิ้นงาน

3.11 ประกอบชิ้นส่วนที่รอการผลิตในข้อ 4.และ LOCK GEAR “E”, ARM PLATE (RH,LH),CAM PLATE WASHER, RIVET “A”, RIVET “E”และ LEVER RECLINER(RH)

3.12 ประกอบ TENSION SPRING

4. ทำการประกอบชิ้นส่วน PART “A”

4.1 นำ SUPPORT HANDLE เข้า BLANK DIE BRACKET และFORM DIE OTR แล้วรอประกอบ

4.2 นำ UPPER CHANEL “A” ผ่านกระบวนการขึ้นรูปโดยผ่านกระบวนDIE PIECE &BLANK,DIE FORM,DIE PIERCE และ DIE PRESTIIKE แล้วรอการประกอบ

4.3 นำ SUPORT BRACKET ผ่านกระบวนการขึ้นรูปโดยผ่าน PROGESSIVE และ DIE FORM DIE แล้วรอประกอบ

4.4 นำ RIVET “B”ประกอบเข้ากับชิ้นส่วนที่รอประกอบในข้อ1.ข้อ2 และข้อ 3.ด้วยวิธี SPOT WELDING แล้วรอการประกอบ

4.5 นำ SUPPORT HANDLE เข้า BLANK DIE BRACKET และFORM DIE OTR แล้วนำBRACKET SUB CABLE (LH) มาประกอบแล้วรอการประกอบ

4.6 นำ UPPER CHANEL “A” ผ่านกระบวนการขึ้นรูปโดยผ่านกระบวนDIE PIECE &BLANK,DIE FORM,DIE PIERCE และ DIE PRESTIIKE แล้วรอการประกอบ

4.7 ชิ้นส่วนSUPPORT Bracket เครื่อง press โดยผ่าน PROGESSIVE DIE, FORM DIE, ตามลำดับ แล้วรอการประกอบ

4.8 นำ RIVET “B” ประกอบเข้ากับชิ้นส่วนที่รอประกอบในข้อ 5 และข้อ 6 ด้วยวิธี SPOT WELDING

4.9 นำชิ้นส่วนในข้อ 8.กับชิ้นส่วนที่รอการประกอบในข้อ 4.

4.10 นำชิ้นส่วนที่ประกอบเสร็จมาจุ่มสีเพื่อเคลือบผิว

5. ทำการประกอบชิ้นส่วน PART E

5.1 นำ Front bracket outer และ Rear bracket outer มาประกอบกันด้วยวิธีการ Spot welding

5.2 นำ RIVET B และ STOPPER BRACKET มาประกอบเข้าด้วยวิธี SPOT WELDING แล้วจึงนำ RIVET C มาประกอบโดยใช้ DIE PRESS

5.3 นำ ROLLER SPIRAL SPRING และBALL ADJUSTER มาประกอบเข้ากับชิ้นงาน

5.4 นำชิ้นงานที่ประกอบเสร็จไปจุ่มสีเพื่อทำการเคลือบผิวรอการประกอบ

5.5 นำ LOCK BRACKET E ,BRACKET, LOCKCABLE ,LEVER RH,LH มาประกอบเข้าด้วยกันแล้วรอการประกอบ

5.6 นำ LOCK BRACKET E และ LEVER RH,LH มาทำการเชื่อมประกอบกันแล้วนำไปประกอบเข้ากับชิ้นส่วนที่รอการประกอบในข้อ 5.

5.7 นำชิ้นงานที่ประกอบเสร็จไปจุ่มสีเพื่อทำการเคลือบผิวรอการประกอบ

5.8 นำADJUSTER KNOB ประกอบเข้ากับชิ้นงานหลังทำการจุ่มสี

5.9 นำ PART A มาประกอบเข้ากันชิ้นส่วนในข้อ 8

5.10 นำชิ้นส่วนที่ประกอบเสร็จในข้อ 9 ไปประกอบเข้ากับชิ้นส่วนที่รอการประกอบในข้อ 5

5.11 นำการตรวจสอบชิ้นส่วนโดยการ SLIDE แล้วรอการประกอบ

6. ทำการประกอบชิ้นส่วน FINISH GOOD

6.1 นำ TORSION SPRING (LH) ประกอบเข้ากับ PART E

6.2 ใส่ BOLT FLANGE, RECLINER C และ RECLINER D ประกอบเข้าด้วยกัน

6.3 ใส่ BOLT FLANGE และ TRUSS H/TAPP SCREW โดยใช้ HYDUALIC AIR TOOL แล้วรอการประกอบ

6.4 นำ TORSION SPRING RH และประกอบเข้ากับ RECLINER C และ RECLINER D พร้อมทั้งใส่PIN A แล้วทำการตรวจสอบ

6.5 นำชิ้นส่วนที่รอการประกอบในข้อ 3 ประกอบเข้ากับชิ้นส่วนที่ผ่านการตรวจสอบแล้วในข้อ 4 บน JIG BENDER BRACKET

6.6 ประกอบ PLATE PULL WIRE เข้ากับชิ้นส่วนด้วยการ WELDING

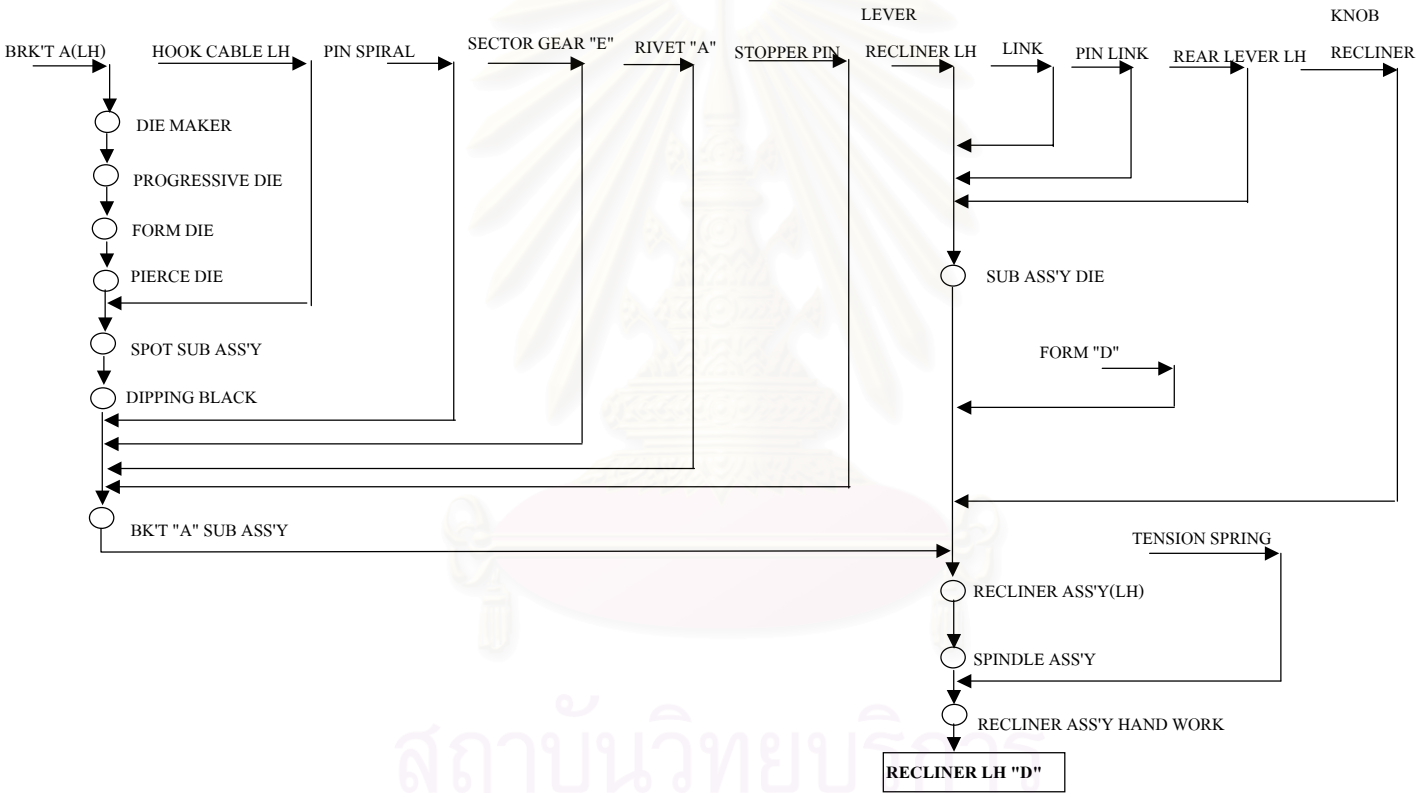
6.7 นำชิ้นงานที่ประกอบเสร็จไปจุ่มสีเพื่อทำการเคลือบผิว

6.8 นำชิ้นงานที่สีแห้งแล้วเก็บเข้าคงคลังเพื่อรอการจำหน่าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

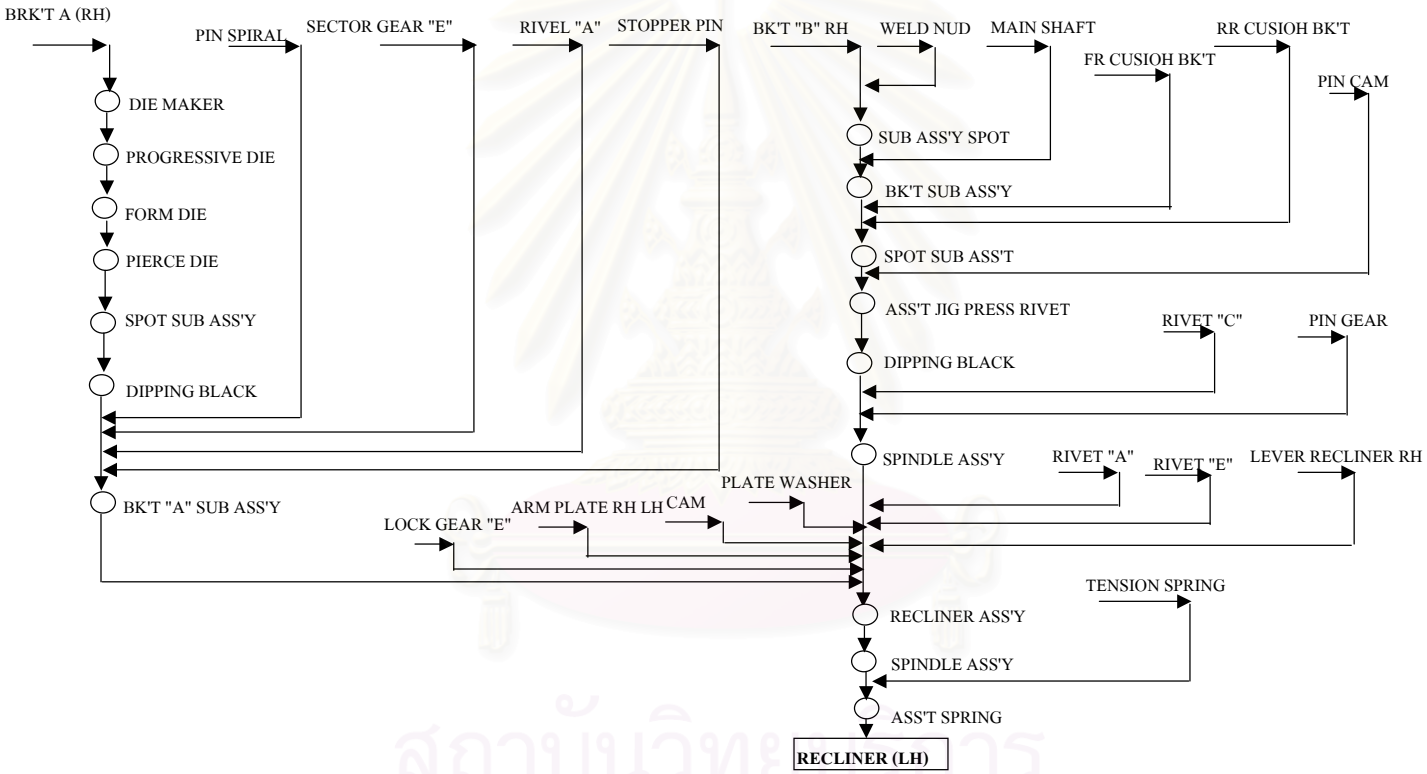
แผนภูมิกระบวนการ ผลิตของ SLIDE RECLINER

กระบวนการประกอบชิ้นส่วน RECLINER LH " D "



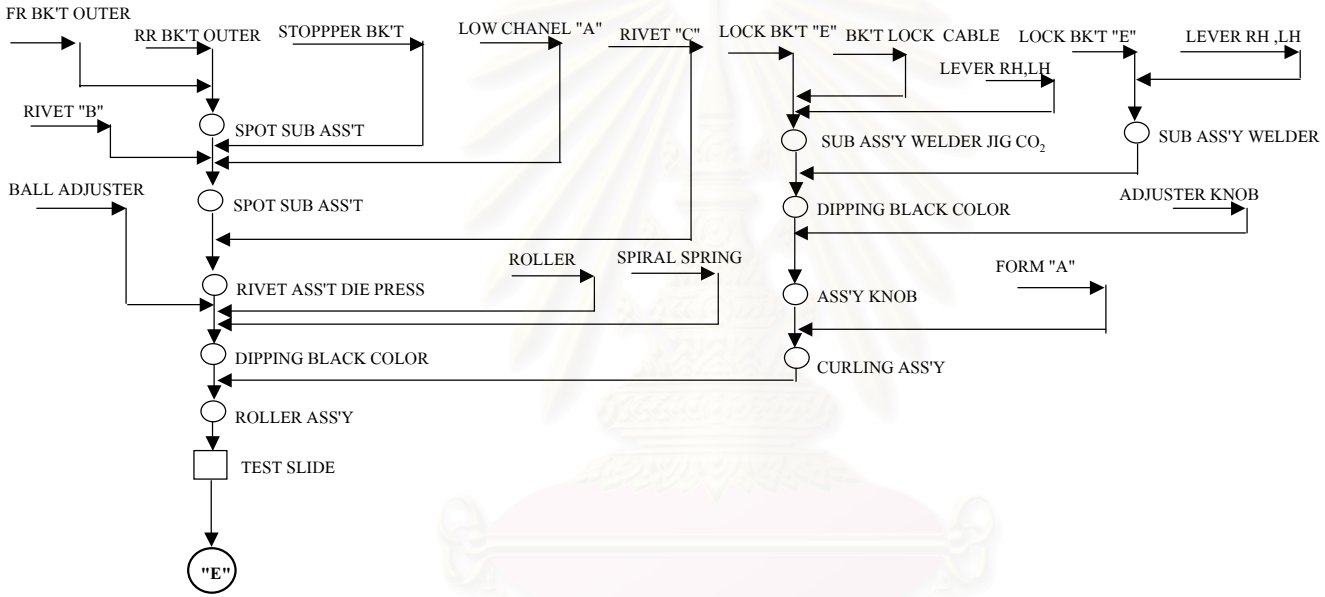
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการประกอบชิ้นส่วน RECLINER (LH)



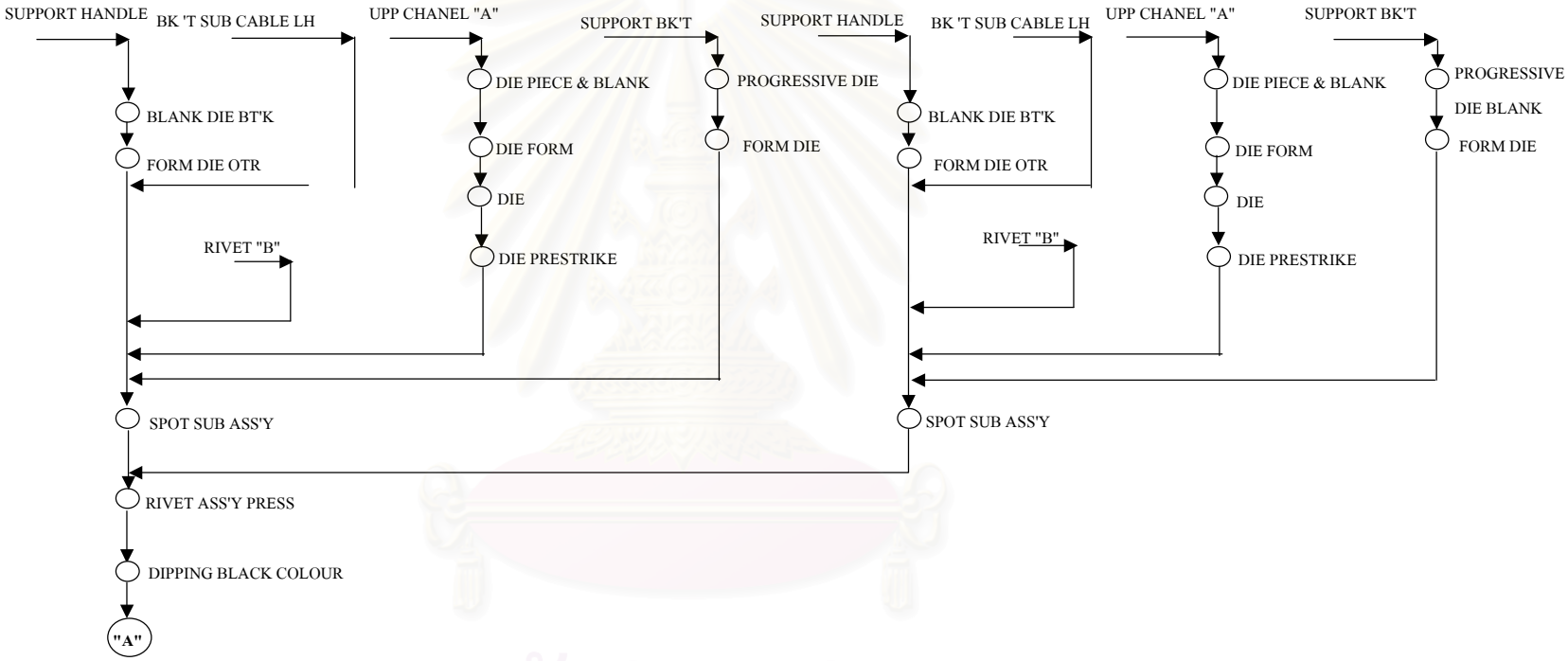
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการประกอบชิ้นส่วน "E"



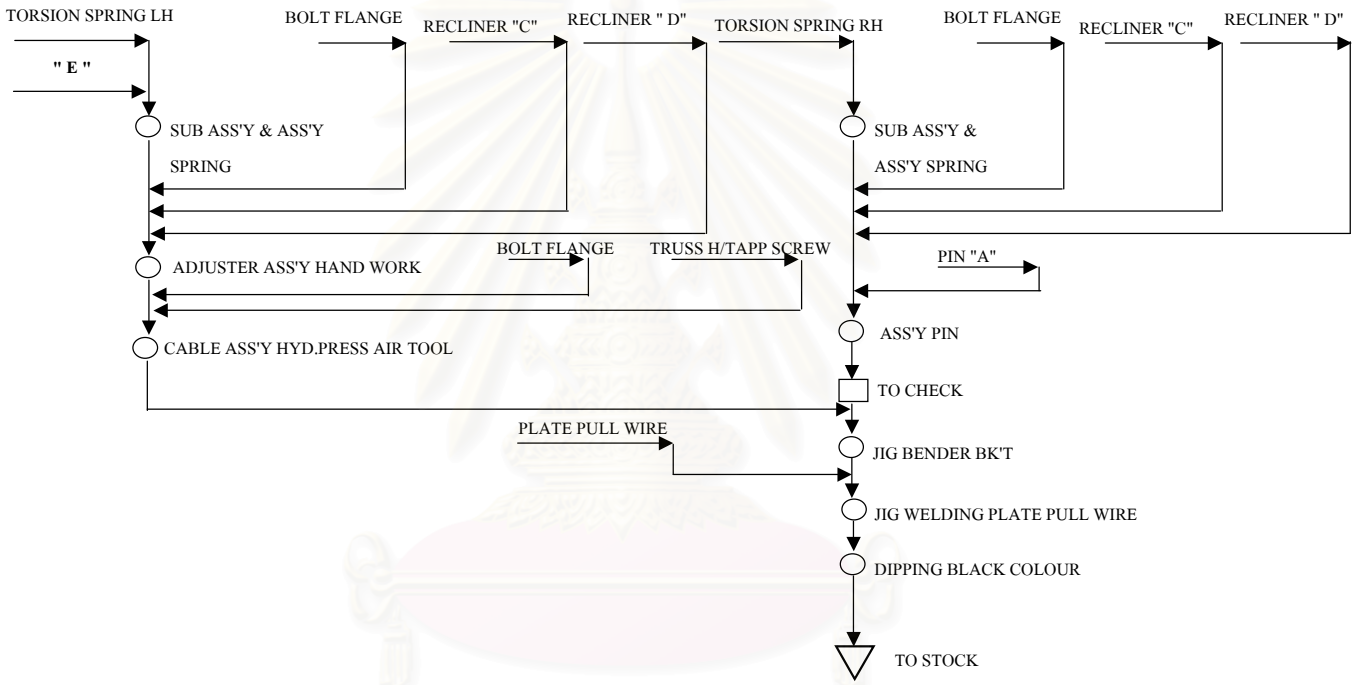
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการประกอบชิ้นส่วน "A"



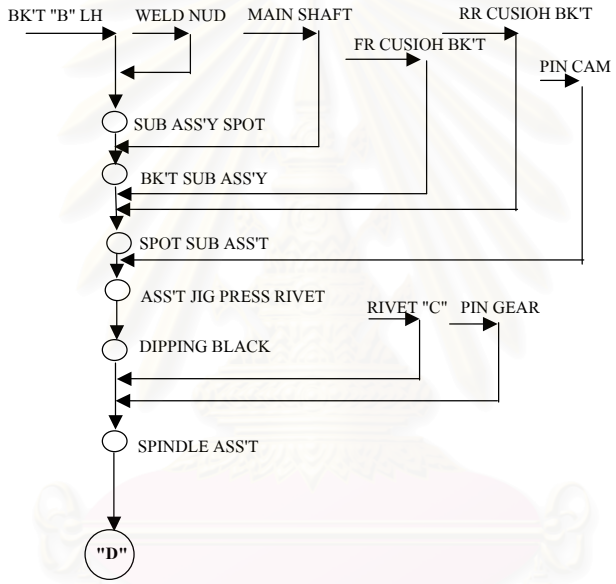
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการประกอบชิ้นงานสำเร็จรูป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการประกอบชิ้นส่วน "D"



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
เครื่องมือวัดที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการเลือกเครื่องมือวัดจำนวนทั้งหมด 22 เครื่องมือ โดยแบ่งเครื่องมือวัดออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

4.1 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

เครื่องมือที่สามารถอ่านค่าได้จากการวัดชิ้นงานโดยเครื่องมือจะมีสเกล หรือตัวเลขแสดงค่ามิติของการวัดนั้น ๆ โดยจะนำค่าที่อ่านได้จากสเกลของเครื่องมือวัดเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลมของชิ้นงานที่ใช้ทำการตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง ในการศึกษาวิจัยประกอบด้วยเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด จำนวน 12 เครื่องมือ ได้แก่

1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Verneir Caliper)
2. เวอร์เนียร์ไฮเกจ (Verneir Height Gage)
3. เวอร์เนียร์วัดระยะรู (Verneir Hole Diameter)
4. ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)
5. ไดอัลเกจ (Dial Gage)
6. ไดอัลเกจวัดความหนา (Dial Thickness Gage)
7. เครื่องวัดแรงดึง (Push Pull Scale)
8. เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ (Coordinate Measuring Machines)
9. เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก (Lock Gear Dial Gage)
10. เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ (Sector Gear Dial Gage)
11. เครื่องทดสอบความแข็งของยาง (Rubber Hardness Tester)
12. เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness Tester)

ซึ่งแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1

4.2 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

เครื่องมือที่ไม่สามารถอ่านค่าได้จากการวัดชิ้นงานแต่จะตัดสินลักษณะประจำตัวของชิ้นงานนั้นเป็น ดี หรือ เสีย เท่านั้น ในการศึกษาวิจัยนี้ประกอบด้วยเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ จำนวน 10 เครื่องมือ ได้แก่

1. Rivet Checking Fixture
2. Support Checking Fixture
3. Recliner Bracket Checking Fixture
4. Lock Plate “E” Checking Fixture
5. Front Bracket Outer Checking Fixture
6. Support Bracket “E” Checking Fixture
7. Front Bracket “E” Checking Fixture
8. Rear Bracket Inner Checking Fixture
9. Lever Slide Checking Fixture
10. Plate Knuckle Checking Fixture

ซึ่งแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด ที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนทั้งสิ้น 12 เครื่องมือ ซึ่งแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ชื่อเครื่องมือ	คุณสมบัติที่ใช้ตัดสินใจ (เมื่อสอบเทียบ)	มาตรฐานอ้างอิง	ลักษณะการใช้งาน	ความละเอียด (มิลลิเมตร)	รูปภาพ
1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (ขนาด 0 - 200 มิลลิเมตร)	ค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty)	สสท.	ใช้ในการวัดขนาดมิติด้านนอกของชิ้นงาน วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านในของชิ้นงาน และวัดความลึกของชิ้นงานที่เจาะรู หรือระยะบ่าถึงร่องของชิ้นงาน โดยค่าที่วัดได้จะแสดงผลด้วยระบบตัวเลขดิจิตอล	0.01	
2. เวอร์เนียร์ไฮเกจ (ขนาด 0 - 300 มิลลิเมตร)	1) Flatness & Parallelism of Scriber 2) Flatness & Parallelism of Scriber Measuring face 3) Max. Deviation Readings	BS 1643:1983 ฑ 0.02	ใช้ในการวัดขนาดมิติด้านนอกของชิ้นงานที่มีผิว อ้างอิง ใช้ทำการ lay out ชิ้นงาน โดยจะใช้ร่วมกับเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ในบางกรณี เช่น ต้องการหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง	0.02	
3. เวอร์เนียร์ระยะวัดรู (ขนาด 0 - 600 มิลลิเมตร)	Error of measurement	ML 10 S/N G2311(	ใช้ระยะห่างของรูเจาะของชิ้นงานที่มีระยะห่างมากกว่า 3 มิลลิเมตร และสามารถใช้วัดระยะของจุดศูนย์กลางของรูที่ไม่อยู่ในระดับ และสามารถใช้วัดระยะห่างของจุดศูนย์กลางของรูเจาะรูเจาะกับขอบชิ้นงาน	0.1	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเครื่องมือ	คุณสมบัติที่ใช้ตัดสินใจ (เมื่อสอบเทียบ)	มาตรฐานอ้างอิง	ลักษณะการใช้งาน	ความละเอียด (มิลลิเมตร)	รูปภาพ
5. ไดอัลเกจ (ขนาด 0 - 50 มิลลิเมตร)	1) Repeatability 2) Discrimination 3) Error any 0.1 mm. 4) Error half revolution 5) Error one revolution 6) Error two revolution 7) Error large interval	BS 907:1965	ใช้ในการวัดเพื่อตรวจจับขนาดที่ผิดพลาด เช่น การวัดความกลมของชิ้นงานรูปทรงกระบอก และการวัดคลอนของชิ้นงาน	0.01	
6. ไดอัลเกจวัดความหนา (ขนาด 0 - 10 มิลลิเมตร)	1) Repeatability of Reading 2) Accurancy of Reading	CP - 24	ใช้วัดความหนาของชิ้นงานงานที่มีขนาดมิติน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร โดยทั่วไปจะใช้วัดชิ้นงานที่มีลักษณะบาง เช่น ผ้า หนัง หรือวัสดุที่ทำจาก PVC Sponge Leather	0.01	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเครื่องมือ	คุณสมบัติที่ใช้ตัดสินใจ (เมื่อสอบเทียบ)	มาตรฐานอ้างอิง	ลักษณะการใช้งาน	ความละเอียด (มิลลิเมตร)	รูปภาพ
6. ไมโครมิเตอร์ (ขนาด 0 - 25 มิลลิเมตร)	1) Flatness of Measuring Face 2) Paralleism of Measuring Face 3) Range of Error of Micrometer Screw	BS 870:1950	ใช้ในการวัดขนาดมิติด้านนอกของชิ้นงานที่มีขนาดไม่เกิน 25 มิลลิเมตร ในกรณีที่ชิ้นงานมีขนาดเล็กหรือยากต่อการจับควรใช้ร่วมกับอุปกรณ์ยึดจับไมโครมิเตอร์	0.01	
7. เครื่องทดสอบความแข็งยาง (ขนาด 0 - 100 deg)	Measured Hardness Master (Normal Value) 0 deg 25 deg 50 deg 75 deg Repeatability	JIS K 6253:6253	ใช้สำหรับวัดชิ้นงานที่เป็นยาง หนัง หรือ PVC Spong Leather ในการใช้งานจะมีการกำหนดระยะเวลาในการอ่านค่าเมื่อเริ่มกดเครื่องวัดบนชิ้นงานซึ่งขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ	2.0	
8. เครื่องทดสอบความแข็ง (ขนาด 0 - 100 HRC)	1) Measured Hardness Master (average) 2) Range of Error of Micrometer Screw	Quality Report	ใช้วัดความแข็งของชิ้นงานที่เป็นโลหะ ซึ่งสามารถวัดค่าได้ 2 สเกลคือ แบบ Brinell และแบบ Rockwell scale C โดยความแข็งของชิ้นงานควรอยู่ในช่วงที่เครื่องได้รับการสอบเทียบคือ 47.5 ฑ 5 HR_C	0.1 HR_C	

ชื่อเครื่องมือวัด	คุณสมบัติที่ใช้ตัดสิน (เมื่อสอบเทียบ)	มาตรฐานอ้างอิง	ลักษณะการใช้งาน	ความละเอียด (มิลลิเมตร)	PICTURE
9. เครื่องวัดแรงดึง (ขนาด 0 - 50 Kgf)	1) Appied Load	CP-19	ใช้ในการวัดแรงดึงหรือแรงดึงที่กระทำหรือที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน เช่น ชิ้นงานที่มีสปริงเป็นส่วนประกอบ และใช้วัดแรงกระทำที่ต้องการให้กับชิ้นงานตามมาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงานต่าง ๆ บางกรณีจะใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดอื่น เช่น ไดอัลเกจ	0.2	
10. เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 แกน (Co - ordinate Measurement M/C)	1) Axial X 2) Axial Y 3) Axial Z 4) Volume	CMMM	ใช้วัดมิติของชิ้นงานที่มีละเอียดสูง และชิ้นงานรูปทรงต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนได้ สามารถแสดงค่าพิกัดของชิ้นงานได้ทั้ง 3 แกน ในการวัด 1 ครั้ง ใช้ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ	0.0001	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเครื่องมือ	คุณสมบัติที่ใช้ตัดสินใจ (เมื่อสอบเทียบ)	มาตรฐานอ้างอิง	ลักษณะการใช้งาน	ความละเอียด (มิลลิเมตร)	รูปภาพ
11. เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ (ขนาด 0 - 3 มิลลิเมตร)	1) Repeatability 2) Retrace error 3) Accurancy on wide range 3) Accurancy on narrow range 5) Narrow range adjacent error	JIS B 7503:1992	เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบความสูงของเฟืองเซ็กเตอร์โดยเฉพาะ การอ่านค่าจะอ่านจากไดอัลเกจ ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดโดยตรง การอ่านค่าสามารถอ่านได้ทั้งข้อมูลวัดและข้อมูลนับเนื่องจากหน้าปัดได้ทำการ lay out ขอบเขตในการยอมรับชิ้นงานตามค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance)	0.01	
12. เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก (ขนาด 0 - 3.5 มิลลิเมตร)	1) Repeatability 2) Retrace error 3) Accurancy on wide range 3) Accurancy on narrow range 5) Narrow range adjacent error	JIS B 7503:1992	เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบความสูงของ Lock Gear โดยเฉพาะ การอ่านค่าจะอ่านจากไดอัลเกจซึ่งเป็นเครื่องมือวัดโดยตรง การอ่านค่าสามารถอ่านได้ทั้งข้อมูลวัดและข้อมูลนับเนื่องจากหน้าปัดได้ทำการ lay out ขอบเขตในการยอมรับชิ้นงานตามค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance)	0.01	

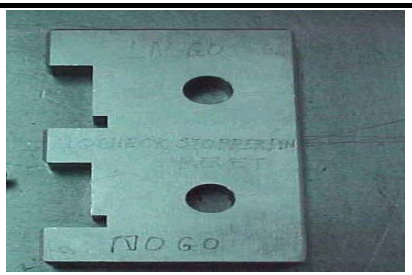
หมายเหตุ: มาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบมีค่าระดับความถูกต้องอยู่ที่ 95% ความเชื่อมั่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ ที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนทั้งสิ้น 10 เครื่องมือ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ 1. GO NO GO GAUGE และ 2. JIG FIXTURE ซึ่งแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ชื่อเครื่องมือ	ประเภทเครื่องมือ	ชื่อชิ้นงานที่ตรวจสอบ	ลักษณะการตรวจสอบงาน	รูป
1. RIVET CHECKING FIXTURE	GO NO GO GAGE	RIVET	ตรวจสอบขนาดของชิ้นงานโดยกำหนดขนาดตามค่าความความคลาดเคลื่อนอนุโลม และสามารถตรวจสอบได้ทั้งขนาดความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน	
2. BRACKET SUPPORT CABLE CHECKING FIXTURE	JIG FIXTURE	SUPPORT CABLE	ตรวจสอบลักษณะรูปร่างและขนาดของรูเจาะของชิ้นงานโดยสามารถทำการตรวจสอบชิ้นงานได้ทั้งด้านซ้ายและขวา	
3. RECLINER BRACKET CHECKING FIXTURE	JIG FIXTURE	RECLINER BRACKET	ตรวจสอบขนาดของรูเจาะและระยะระหว่างรูเจาะทั้ง 3 รู	

ชื่อเครื่องมือ	ประเภทเครื่องมือ	ชื่อชิ้นงานที่ตรวจสอบ	ลักษณะการตรวจสอบงาน	รูป
4. LOCK PLATE " E " CHECKING FIXTURE	JIG FIXTURE	LOCK PLATE "E"	ตรวจสอบขนาดและรูปร่างของชิ้นงานโดยกำหนดตามค่าความความคลาดเคลื่อนอนุโลมของชิ้นงานแล้วใช้ลักษณะขอบของเครื่องมือเป็นตัวช่วยในการกำหนดขนาด	
5. FRONT BRACKET OUTER CHECKING FIXTURE	JIG FIXTURE	FRONT BRACKET OUTER	ตรวจสอบลักษณะรูปร่างและขนาดของรูเจาะของชิ้นงานโดยสามารถทำการตรวจสอบชิ้นงานได้ทั้งด้านซ้ายและขวา	
6. SUPPORT BRACKET " E " CHECKING FIXTURE	JIG FIXTURE	SUPPORT BRACKET "E"	ตรวจสอบขนาดและรูปร่างของชิ้นงานและทำการตรวจสอบระยะห่างของรูเจาะโดยใช้ PIN	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเครื่องมือ	ประเภทเครื่องมือ	ชื่อชิ้นงานที่ตรวจสอบ	ลักษณะการตรวจสอบงาน	รูป
7. FRONT BRACKET " E " CHECKING FIXTURE	JIG FIXTURE	FRONT BRACKET " E "	ตรวจสอบขนาดและรูปร่างของชิ้นงานโดย กำหนดตามค่าความความคลาดเคลื่อน อนุโลมของชิ้นงาน	
8. REAR BRACKET INNER CHECKING FIXTURE	JIG FIXTURE	REAR BRACKET INNER	ตรวจสอบลักษณะรูปร่างและขนาดของรูเจาะ ของชิ้นงานโดยทำการตรวจสอบระยะ ระหว่างรูเจาะด้วย PIN	
9. LEVER SLIDE CHECKING FIXTURE	JIG FIXTURE	LEVER SLIDE	ตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงานและขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเครื่องมือ	ประเภทเครื่องมือ	ชื่อชิ้นงานที่ตรวจสอบ	ลักษณะการตรวจสอบงาน	รูป
10. PLATE KNUNCKLE CHECKING FIXTURE	JIG FIXTURE	PLATE KNUNCKLE	ตรวจสอบขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน โดยใช้ตัวกำหนดขนาดจาก CHECKING FIXTURE และใช้ PIN กำหนด DATUM และระยะห่างระหว่างรูเจาะบนชิ้นงาน	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด

ในบทนี้จะกล่าวถึงการประเมินผลเกี่ยวกับความถูกต้องของระบบการวัด จะพบว่าค่าวัดของข้อมูลจากระบบการวัดใด ๆ จะมีค่าเอนเอียงไปจากค่าจริงของงานเสมอ เนื่องจากคุณสมบัติด้านความถูกต้องหรือค่าความเอนเอียง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อการศึกษาถึงคุณสมบัติด้านความถูกต้องหรือความไม่เอนเอียงตลอดเวลาหรือไม่ ตลอดจนการศึกษาคุณสมบัติเชิงสถิติว่าค่าวัดมีความสม่ำเสมอ(Consistent) ตลอดเวลาหรือไม่ เพื่อเป็นขั้นตอนการประเมินเบื้องต้นก่อนจะทำการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดต่อไป โดยการวิเคราะห์นี้มุ่งพิจารณาในคุณสมบัติ 3 ประการ คือ

(ก) ค่าเอนเอียง

(ข) ค่าเสถียรภาพ

(ค) ค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

ซึ่งจะได้ทำการประเมินตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์ค่าเอนเอียง

การประเมินค่าเอนเอียง เป็นการศึกษาถึงระบบการวัดในปัจจุบันว่ามีความถูกต้องเพียงใด โดยวัดจากค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากชิ้นงานอ้างอิงที่ทราบขนาด โดยใช้ %เอนเอียงเป็นตัววัดความถูกต้อง ซึ่งถ้าหากระบบวัดของเครื่องมือใดมีค่าเอนเอียงสูงกว่า 10 % ของค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลมแล้ว(เกณฑ์จากมาตรฐาน QS-9000) ถือได้ว่าระบบวัดของเครื่องมือวัดนั้นมีความเอนเอียงไปจากค่าจริงทำให้ความถูกต้องในการวัดลดลง จำเป็นจะต้องปรับปรุงวิธีการวัดให้เป็นมาตรฐานที่ถูกต้องก่อน จึงจะดำเนินการประเมิน คุณสมบัติอื่น ได้แก่ ค่าเสถียรภาพ ค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง และ การประเมินความแม่นยำของระบบการวัดต่อไป ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

วิธีการใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ในการประเมินค่าเอนเอียง

1. ควบคุมสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ให้เป็นไปตามที่กำหนด

   1.1 อุณหภูมิ ต้องอยู่ในช่วง 20 C°- 25 C°

   1.2 ความชื้น < 70 %

   1.3 แสงสว่างต้องมากกว่า 500 ลักซ์

2. เลือกงานมาตรฐานในการวัดขึ้นมาชิ้นหนึ่ง ที่สามารถสอบค่ากลับไปยังมาตรฐานที่สูงกว่าได้
3. ทำการวัดค่าที่ได้รับการวัดดังกล่าว 3 ครั้ง ภายใต้ระยะเวลาที่เหมาะสม (ในการทดลองนี้ทำการวัด 3 ครั้ง/ 1 วัน)กระทำจนครบ 20 กลุ่ม
4. ทำการพล็อตกราฟในแผนภูมิ $\overline{X} - R$
5. คำนวณพิกัดควบคุม 0

   แผนภูมิ $\overline{X}$

   $UCL = \quad \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$

   $CL = \quad \overline{\overline{X}}$

   $LCL = \quad \overline{X} - A_2\overline{R}$

   แผนภูมิ $\overline{R}$

   $UCL = \quad D_4\overline{R}$

   $CL = \quad \overline{R}$

   $LCL = \quad D_3\overline{R}$

   ค่าคงที่ A_2 D_3 และ D_4 ดูได้จากตารางที่ 3 ในภาคผนวก ข
6. พิจารณาความผันแปรว่าเป็นสาเหตุโดยธรรมชาติหรือไม่โดยดูจากค่าของ R ในแผนภูมิ $\overline{R}$ และค่า $\overline{X}$ จากแผนภูมิ $\overline{X}$ หากไม่ใช่ความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติ ให้ทำการหาสาเหตุที่ผิดธรรมชาติแล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้อง มิฉะนั้นให้คำนวณค่าเฉลี่ยทั้งหมด โดยความผันแปรที่มีสาเหตุผิดธรรมชาติสามารถตัดสินได้จากวิธีการตีความหมายของแผนภูมิควบคุมที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.4
7. ทำการประเมิณค่าเอนเอียงโดยการพิจารณาถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากค่าอ้างอิง

   ค่าเอนเอียง $= \overline{\overline{X}}$ - อ้างอิง

แล้วทำการประเมินผล % เอนเอียงของความคลาดเคลื่อนอนุโลม

$$\% \text{ เอนเอียงของความคลาดเคลื่อนอนุโลม} = \frac{\text{ค่าเอนเอียง}}{\text{USL-LSL}} \times 100\%$$

หมายเหตุ เกณฑ์การยอมรับค่าเอนเอียงตามมาตรฐาน QS 9000 มีค่าดังนี้

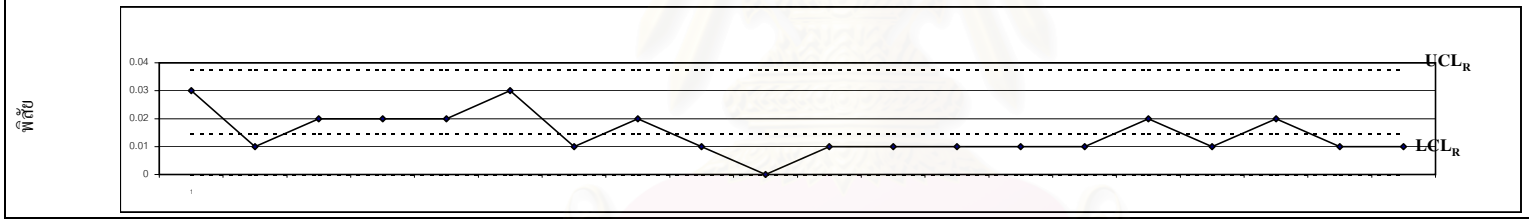
% เอนเอียง $< 5\%$	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข
$5\% \leq$ % เอนเอียง $< 10\%$	อาจจะยอมรับได้ (ให้พิจารณาปัจจัยอื่น ๆ อาทิ การประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่าย ฯลฯ)
% เอนเอียง $\geq 10\%$	ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข

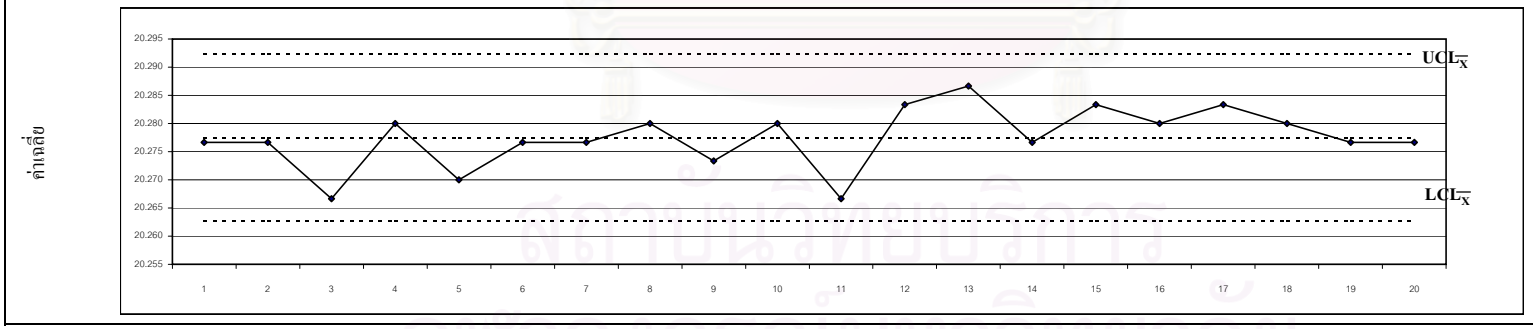
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPV 11-009QA	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	วันที่เริ่มทำการทดลอง	
ขนาด	200 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	20.28	20.28	20.26	20.29	20.27	20.26	20.28	20.27	20.28	20.28	20.27	20.28	20.29	20.28	20.28	20.27	20.29	20.28	20.28	20.28	
	2	20.26	20.28	20.28	20.28	20.28	20.28	20.28	20.29	20.27	20.28	20.26	20.29	20.29	20.28	20.29	20.28	20.28	20.29	20.27	20.28	
	3	20.29	20.27	20.26	20.27	20.26	20.29	20.27	20.28	20.27	20.28	20.27	20.28	20.28	20.27	20.28	20.29	20.28	20.27	20.28	20.27	
ผลรวม		60.83	60.83	60.80	60.84	60.81	60.83	60.83	60.84	60.82	60.84	60.80	60.85	60.86	60.83	60.85	60.84	60.85	60.84	60.83	60.83	
พิสัย	(R)	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.0145
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	20.28	20.28	20.27	20.28	20.27	20.28	20.28	20.28	20.27	20.28	20.27	20.28	20.29	20.28	20.28	20.28	20.28	20.28	20.28	20.28	20.2775





รูปที่ 5.1 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินค่าไบอัสของเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์

ใบคำนวณสำหรับแผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\bar{X}$ - R)

พิกัดควบคุม (จำนวนกลุ่มย่อย 20)

คำนวณค่าพิสัยโดยเฉลี่ย

$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{0.29}{20} = 0.0145$

Σ = ผลรวม k = จำนวนกลุ่มย่อย

คำนวณพิกัดควบคุมสำหรับค่าพิสัย

UCL : $D_4 \times \bar{R} = 2.575 \times 0.0145 = 0.0373$

LCL $D_3 \times \bar{R} = 0 \times 0.0145 = 0$

คำนวณค่าเฉลี่ยทั้งหมด

$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{405.55}{20} = 20.2775$

การคำนวณพิกัดควบคุมสำหรับค่าเฉลี่ย

A_2R : $1.023 \times 0.0145 = 0.0148$

$UCL_{\bar{X}}$: $\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} = 20.2775 + 0.0148 = 20.2923$

$LCL_{\bar{X}}$: $\bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} = 20.2775 - 0.0148 = 20.2627$

ขนาดกลุ่มย่อย

n	A_2	D_3	D_4	d_2
2	1.880	*	3.267	1.128
3	1.023	*	2.575	1.693
4	0.729	*	2.282	2.059
5	0.577	*	2.115	2.326
6	0.483	*	2.004	2.534
7	0.419	*	1.924	2.704

* พิกัดควบคุมสำหรับ R มีค่าประมาณเป็นศูนย์ถ้าขนาดกลุ่มย่อยต่ำกว่า 7

ค่าไบอัส : $\bar{\bar{X}}$ – ค่าอ้างอิง = 20.2775 – 20.28 = -0.0025

% ไบอัสของความคลาดเคลื่อนอนุโลม = $\frac{|\text{ค่าไบอัส}|}{USL - LSL} = \frac{0.0025}{0.04} \times 100\% = 6.25\ \%$

วิเคราะห์ผลการประเมินค่าเอนเอียงของเครื่องมือวัด

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Verneir Caliper)

จากการประเมินระบบการวัดสำหรับเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยอาศัยแผนภูมิควบคุม ได้ค่า % เอนเอียงของความคลาดเคลื่อนอนุโลม = 6.25 % หมายความว่า ถ้าหากความแตกต่างของเส้นผ่านศูนย์กลางของ Roller มีค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลม 100 มิลลิเมตรแล้วค่าความแตกต่างของค่าวัดเนื่องจากคุณสมบัติของเอนเอียงของระบบการวัดจะมีค่า $\pm$ 6.25 มิลลิเมตร ดังนั้นจากการประเมินค่าเอนเอียงในการใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีการคำนวณและการวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกันทุกเครื่องมือ จึงได้สรุปผลการคำนวณค่า % เอนเอียงของเครื่องมือวัดอื่น ๆ ได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการประเมินคุณสมบัติด้านความเอนเอียงของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	%ความเอนเอียง
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	6.25%
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	8.33%
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	9.17%
4.	ไมโครมิเตอร์	1.67%
5.	ไดอัลเกจ	8.33%
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	7.50%
7.	เครื่องวัดแรงดึง	2.92%
8.	เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ	0.58%
9.	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	1.88%
10.	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	1.25%
11.	เครื่องวัดความแข็งยาง	2.00%
12.	เครื่องวัดความแข็ง	2.50%

ผลจากการคำนวณค่า % เอนเอียงพบว่าเครื่องมือวัดทุกเครื่องมือมีค่า % เอนเอียงน้อยกว่า 10% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่าระบบการวัดของเครื่องมือวัดทุกเครื่องมือที่ได้นำมาใช้ในการทดสอบมีค่าเอนเอียงน้อย แสดงว่าระบบการวัดของเครื่องมือวัดทุกเครื่องมือสามารถวัดค่าได้ถูกต้องใกล้เคียงกับขนาดที่แท้จริงของชิ้นงาน จึงสามารถนำเครื่องมือวัดนี้ใช้ประเมินผลคุณสมบัติด้านอื่นต่อไป

5.2 การประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

การประเมินค่าเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวัด เป็นการหาความสัมพันธ์ของค่าเอนเอียงเมื่อมีการเปลี่ยนย่านวัดหรือขนาดชิ้นงานต่าง ๆ ไป โดยคุณสมบัติเชิงเส้นตรงนี้อาศัยหลักการที่ว่าค่าเอนเอียงของระบบการวัดจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปลี่ยนย่านวัด ในการพิจารณาคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดจะได้มาจากการเลือกชิ้นงานตลอดช่วงย่านวัด เพื่อศึกษาถึงค่าเอนเอียงที่แต่ละค่าของค่ามาตรฐานหรือค่าอ้างอิง แล้วพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าเอนเอียง(ค่าความชัน) และถ้าพบว่าระบบการวัดขาดคุณสมบัติเชิงเส้นตรงแล้ว มีความจำเป็นจะต้องพิจารณาหาย่านการวัดที่เหมาะสมต่อไป โดยเลือกย่านวัดที่ทำให้ระบบการวัดของเครื่องมือวัดดังกล่าวมีคุณสมบัติเชิงเส้นตรง ซึ่งจะนำไปสู่ย่านการวัดที่เครื่องมือวัดนั้นสามารถให้ค่าวัดที่มีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งจะมีวิธีการทดสอบดังนี้

วิธีการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

1. ควบคุมสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ให้เป็นไปตามที่กำหนด
   1.1 อุณหภูมิ ต้องอยู่ในช่วง 20 C°- 25 C°
   1.2 ความชื้น < 70 %
   1.3 แสงสว่างต้องมากกว่า 500 ลักซ์
2. เลือกชิ้นงานมาตรฐาน 5 ถึง 8 ชิ้น (ขึ้นอยู่กับขนาดความผันแปรของกระบวนการที่ทำการศึกษาให้ครอบคลุมตลอดย่านวัดของเครื่องมือวัด) โดยที่ชิ้นงานมาตรฐานที่ใช้ต้องรู้ขนาดที่แท้จริงของชิ้นงาน
3. ทำการวัดชิ้นงานแต่ละชิ้นงานจำนวนชิ้นละ 10 ครั้ง ภายใต้สภาวะควบคุมแล้วเฉลี่ยออกสาเหตุความผันแปรในการวัดแต่ละชิ้น เพื่อกำหนดให้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวเป็นค่าอ้างอิงสำหรับการประเมินผลคุณสมบัติเชิงเส้นตรง
4. เลือกพนักงานวัดที่มีความสามารถในเครื่องมือวัดนั้นมา 1 คน แล้วทำการวัดชิ้นงานมาตรฐานดังกล่าวชิ้นละ 10 ครั้ง โดยการเลือกชิ้นงานมาตรฐานต้องเป็นไปอย่างสุ่ม
5. ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าวัดแต่ละชิ้นงานมาตรฐานพร้อมทั้งหาค่าเอนเอียงที่แต่ละค่ามาตรฐานโดย

   ค่าเอนเอียง = ค่าเฉลี่ยของค่าวัด – ค่ามาตรฐาน
6. พล็อตกราฟแสดงการกระจายในแผนภาพการกระจายโดยให้แกนนอน (X) หมายถึงค่ามาตรฐาน และแกนตั้ง (Y) หมายถึงค่าเอนเอียง จากนั้นให้ทำการพิจารณาสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เพื่อแสดงความสามารถในการอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอยเชิงเส้นตรง

7. ถ้าหาก R^2 มีค่าสูงพอ โดยในการศึกษานี้กำหนดให้ R^2 มากกว่า 75 % เนื่องจากต้องการรักษาขนาดย่านวัดให้มากที่สุด ทำการทดสอบว่า X และ Y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ด้วยการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA)
8. เมื่อค่าเอนเอียงและค่าอ้างอิงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญแล้วทำการคำนวณสมการถดถอยเชิงเส้นตรง
9. ทำการคำนวณดัชนีเชิงเส้นตรง(ดัชนีเชิงเส้นตรง)โดยตัดสินตามมาตรฐาน QS 9000
10. สรุปย่านวัดที่เครื่องมือนั้นสามารถใช้งานได้โดยเท่ากับขนาดชิ้นงานมาตรฐานที่เครื่องมือวัดมีค่าสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าเอนเอียง

หมายเหตุ เกณฑ์การยอมรับค่าเชิงเส้นตรงตามมาตรฐาน QS 9000 มีค่าดังนี้

% เชิงเส้นตรง $< 5\%$	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข
$5\% \leq$ % เชิงเส้นตรง $< 10\%$	อาจจะยอมับได้ (ให้พิจารณาปัจจัยอื่น ๆ อาทิ การประยุกต์ใช้ค่าใช้จ่าย ฯลฯ)
% เชิงเส้นตรง $\geq 10\%$	ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข (ต้องแนะนำให้ผู้ใช้ได้รับทราบถึงย่านวัดที่มีคุณสมบัติเชิงเส้นตรง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวัด

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียคาลิปเปอร์	ชื่อชิ้นงาน	Cylender Gage	วันที่ทำการทดลอง	
โค้ดตัวเลข	BPV 009 QA INSP	พารามิเตอร์	ความยาว	ชื่อผู้ทำการทดลอง	
ชนิดของเครื่องมือวัด	Variable	จำนวนชิ้นงาน	9 ชิ้น	แผนก	ประกันคุณภาพ

ตารางที่ 5.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ค่าอ้างอิง / วัดครั้งที่		ช่วงของความยาวที่เลือก							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	15.50	20.60	34.30	52.60	89.83	114.20	150.00	169.83	175.00
1	15.54	20.61	34.31	52.62	89.82	114.17	149.99	169.81	174.99
2	15.53	20.62	34.32	52.62	89.81	114.17	149.98	169.81	174.98
3	15.53	20.6	34.3	52.63	89.82	114.19	149.98	169.81	174.97
4	15.52	20.62	34.32	52.63	89.82	114.19	149.98	169.81	174.98
5	15.51	20.62	34.31	52.61	89.83	114.18	149.99	169.82	174.98
6	15.51	20.6	34.3	52.61	89.84	114.19	149.98	169.8	174.97
7	15.52	20.61	34.3	52.61	89.83	114.18	149.98	169.8	174.98
8	15.53	20.62	34.3	52.63	89.81	114.18	149.99	169.8	174.99
9	15.52	20.61	34.3	52.61	89.82	114.18	149.98	169.8	174.98
10	15.52	20.62	34.3	52.59	89.84	114.2	149.98	169.81	174.99
ค่าเฉลี่ย ($\bar{Z}$)	15.523	20.613	34.306	52.616	89.824	114.183	149.983	169.807	174.981
ค่าไบอัส ($\bar{Z}$ - ค่าอ้างอิง)	0.023	0.013	0.006	0.016	-0.006	-0.017	-0.017	-0.023	-0.019

ตารางที่ 5.3 ตารางการคำนวณค่าผลรวมกำลังสองของผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

n	ค่าอ้างอิง (X)	ค่าไบอัส (Y)	X^2	Y^2	XY	Y/ n	X/ n
1	15.50	0.023	240.2500	0.000529	0.35650	0.003	1.722
2	20.60	0.013	424.3600	0.000169	0.26780	0.001	2.289
3	34.30	0.006	1176.4900	0.000036	0.20580	0.001	3.811
4	52.60	0.016	2766.7600	0.000256	0.84160	0.002	5.844
5	89.83	-0.006	8069.4289	0.000036	-0.53898	-0.001	9.981
6	114.20	-0.017	13041.6400	0.000289	-1.94140	-0.002	12.689
7	150.00	-0.017	22500.0000	0.000289	-2.55000	-0.002	16.667
8	169.83	-0.023	28842.2289	0.000529	-3.90609	-0.003	18.870
9	175.00	-0.019	30625.0000	0.000361	-3.32500	-0.002	19.444
ผลรวม	821.86	-0.024	107686.16	0.002494	-10.58977	-0.0027	91.318

ผลจากตารางที่ 5.3 จะได้ผลดังนี้

$\Sigma(X)^2$ = 675,453.9

$\Sigma(Y)^2$ = 0.000576

$\Sigma(X)\Sigma(Y)$ = -19.7246

S_{XX} = 107,686.2 - 75050.43

= 32,635.75

S_{YY} = 1.002494 - 0.0000640

= 0.0024

S_{XY} = -10.5898 + 2.19163

-8.3981

และ

β_1 = $\frac{-8.3981}{32,635.73}$ = -0.00026

ดังนั้น สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ได้เป็น

R^2 = $\frac{-0.0003\ x - 8.3981}{0.0024}$

= 88.934 %

จากการทดลองค่า R^2 มีค่ามากกว่าที่กำหนด (75%) แสดงว่าข้อมูลจากการทดลองมีคุณภาพเพียงพอต่อการอธิบายความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอ้างอิงกับค่าเอนเอียงได้ จึงมีความจำเป็นต้องทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นตรงด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Anova) ดังตารางที่ 5.4

โดยมีสมมุติฐานที่กำหนดคือ

H_0 : $\beta_1 = 0$ (ค่าเอนเอียงมิได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าอ้างอิง)

H_1 : $\beta_1 \neq 0$ (ค่าเอนเอียงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าอ้างอิง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 ตาราง ANOVA เพื่อการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

แหล่งความผันแปร	SS	df	MS	F	$F_{0.05;\,1,7}$
เส้นถดถอย	0.00216	1	0.00216	56.26	5.59
ความคลาดเคลื่อน	0.00027	7	0.00004		
ผลรวม	0.00243	8			

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นถดถอยเพื่อการทำนายคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

$$\beta_0 = \frac{-0.024}{9} + 0.00026 \times \frac{821.86}{9}$$

$$= 0.020832$$

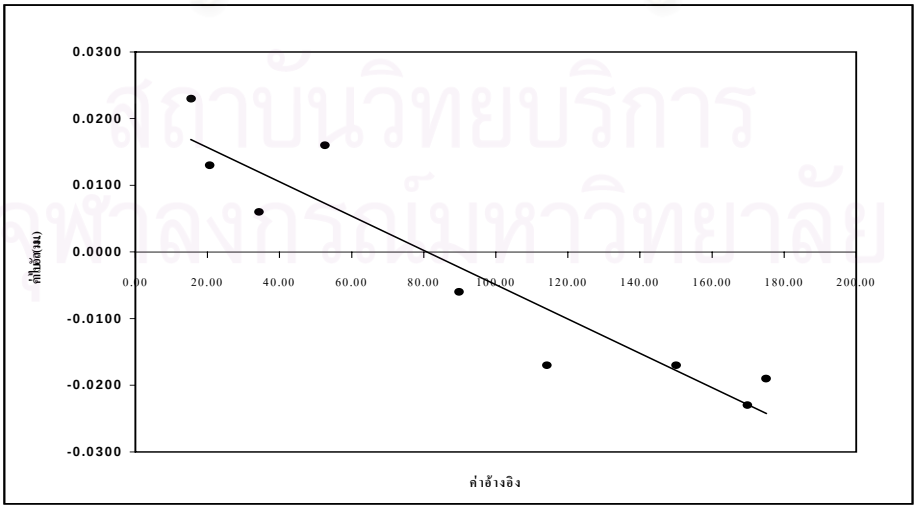
สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงได้

$$Y = 0.020832 - 0.00026\,X$$

คำนวณค่า % เชิงเส้นตรง (Linearity) ได้เป็น

$$\% \text{ Linearity} = 0.026\%$$

สมการที่ได้แสดงว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอ้างอิง (X) กับค่าที่ควรจะเป็น(หรือค่าเฉลี่ย) ของค่าเอนเอียง ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟเส้นถดถอยแสดงคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

การวิเคราะห์การประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Verneir Caliper)

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดสำหรับเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ซึ่งแสดงในตารางที่ 5.2 โดยใช้ค่าอ้างอิงทั้งหมด 9 ชิ้น ครอบคลุมตลอดย่านวัดที่ใช้งานของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ในการทดสอบใช้การตัดสินใจโดยอาศัยตัวแบบถดถอย ซึ่งจะมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับผลที่ว่าความผันแปรตอบสนอง สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอยนั้นได้มากน้อยเพียงใด โดยให้ R^2 แทนค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ จากการทดสอบ ได้ค่า R^2 = 88.93% หมายความว่า ถ้าหากความผันแปรในข้อมูลมีค่า 100 หน่วย^{2}แล้ว ความผันแปร 88.93 หน่วย^2 สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย ส่วนปริมาณที่เหลืออีก 11.07 หน่วย^2 ไม่สามารถอธิบายได้เนื่องมาจากสาเหตุด้านความทวนซ้ำได้(Repeatability)

สำหรับการทดสอบด้วยวิธีการ ANOVA จะสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยตาราง ANOVA ดังแสดงในตารางที่ 5.4 โดยคำนวณค่า F ได้เท่ากับ 56.26 เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 1 ในภาคผนวก ข ได้ค่า $F_{0.05;1,7} = 5.59$ แสดงว่า ความผันแปรรอบเส้นถดถอยของเอนเอียงที่อธิบายได้ด้วยค่าอ้างอิงมีนัยสำคัญ จึงทำการปฏิเสธ สมมุติฐานที่ว่าค่าเอนเอียงมิได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันค่าอ้างอิงด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุปว่าความสัมพันธ์ของค่าอ้างอิง กับ ค่าวัดเป็นเส้นตรงในย่านการวัด 15.50-175.00 มิลลิเมตร โดยที่มี % เชิงเส้นตรง = 0.026 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องปรับปรุงแก้ไข ดังนั้นย่านการวัดที่เครื่องมือนี้สามารถใช้งานได้อย่างมีความถูกต้องแม่นยำ 15.50 - 175.00 มิลลิเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวัด

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องทดสอบความแข็ง	ชื่อชิ้นงาน	ชิ้นงานมาตรฐาน	วันที่ทำการทดลอง	
โค้ดตัวเลข	BPH 001 QA INSP	พารามิเตอร์	ความยาว	ชื่อผู้ทำการทดลอง	
ชนิดของเครื่องมือวัด	Variable	จำนวนชิ้นงาน	7 ชิ้น	แผนก	ประกันคุณภาพ

ตารางที่ 5.5 ตารางบันทึกผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องทดสอบความแข็ง

ค่าอ้างอิง / วัดครั้งที่	ช่วงของความยาวที่เลือก						
	1	2	3	4	5	6	7
	21.0	31.0	32.5	41.3	47.5	61.0	75.0
1	35.5	42.5	40.0	47.0	47.5	61.5	74.5
2	36.5	44.0	41.0	47.0	47.5	61.0	75.0
3	37.0	44.0	42.0	45.5	47.0	61.0	74.0
4	36.5	44.5	40.5	46.5	47.5	61.0	75.0
5	35.5	43.5	41.5	46.0	47.5	60.5	74.0
6	37.0	42.5	42.0	44.5	47.5	60.5	74.0
7	37.0	41.0	42.5	45.5	47.5	60.0	75.5
8	36.0	43.0	42.5	45.5	47.5	61.0	74.0
9	37.0	43.5	41.5	46.0	47.5	61.0	74.0
10	35.0	42.0	41.5	45.0	47.5	61.0	74.5
ค่าเฉลี่ย ($\bar{Z}$)	36.300	43.050	41.500	45.850	47.450	60.850	74.450
ค่าไบอัส ($\bar{Z}$ - ค่าอ้างอิง)	15.300	12.050	9.000	4.550	-0.050	-0.150	-0.550

ตารางที่ 5.6 ตารางการคำนวณค่าผลรวมกำลังสองของผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องทดสอบความแข็ง

n	ค่าอ้างอิง (X)	ค่าไบอัส (Y)	X^2	Y^2	XY	Y/ n	X/ n
1	21.00	15.300	441.0000	234.09000	321.30000	2.186	3.000
2	31.00	12.050	961.0000	145.20250	373.55000	1.721	4.429
3	32.50	9.000	1056.2500	81.00000	292.50000	1.286	4.643
4	41.30	4.550	1705.6900	20.70250	187.91500	0.650	5.900
5	47.5	-0.050	2256.2500	0.00250	-2.37500	-0.007	6.786
6	61.00	-0.150	3721.0000	0.02250	-9.15000	-0.021	8.714
7	75.00	-0.550	5625.0000	0.30250	-41.25000	-0.079	10.714
ผลรวม	309.3	40.15	15766.19	481.3225	1122.49	5.7357	44.186

ผลจากตารางที่ 5.6 จะได้ผลดังนี้

$\Sigma(X)^2$ = 95,666.49

$\Sigma(Y)^2$ = 1,612.023

$\Sigma(X)\Sigma(Y)$ = 12,418.40

S_{XX} = 15,766.19 - 13,666.64

= 2,099.549

S_{YY} = 481.3225 - 230.289

= 254.0336

S_{XY} = 1,122.490 - 1774.056

= -651.5664

และ

$$\beta_1 = \frac{-651.5664}{2,099.549} = -0.31034$$

ดังนั้น สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ได้เป็น

$$R^2 = \frac{-0.3103 \times -651.5664}{251.0336}$$

= 80.549 %

จากการทดลองค่า R^2 มีค่ามากกว่าที่กำหนด (75%) แสดงว่าข้อมูลจากการทดลองมีคุณภาพเพียงพอต่อการอธิบายความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอ้างอิงกับค่าเอนเอียงได้ จึงมีความจำเป็นต้องทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นตรงด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Anova) ดังตารางที่ 5.7

โดยมีสมมุติฐานที่กำหนดคือ

H_0 : $\beta_1 = 0$ (ค่าเอนเอียงมิได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าอ้างอิง)

H_1 : $\beta_1 \neq 0$ (ค่าเอนเอียงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าอ้างอิง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 ตาราง ANOVA เพื่อการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยของเครื่องทดสอบความแข็ง

แหล่งความผันแปร	SS	df	MS	F	$F_{0.05;\,1,5}$
เส้นถดถอย	202.20481	1	202.20481	20.71	6.61
ความคลาดเคลื่อน	48.82877	5	9.76575		
ผลรวม	251.03357	6			

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นถดถอยเพื่อการทำนายคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

$$\beta_0 = \frac{40.15}{7} + 0.31034 \times \frac{309.3}{7}$$

$$= 19.448152$$

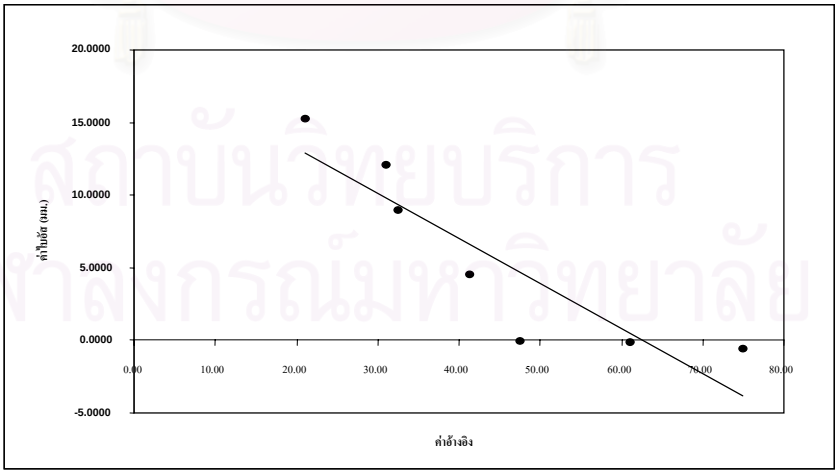
สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงได้

$$Y = 19.44815 - 0.31034\,X$$

คำนวณค่า % เชิงเส้นตรง (Linearity) ได้เป็น

$$\% \text{ Linearity} = 31.034\ \%$$

สมการที่ได้แสดงว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอ้างอิง (X) กับค่าที่ควรจะเป็น(หรือค่าเฉลี่ย) ของค่าเอนเอียง ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กราฟเส้นถดถอยแสดงคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องทดสอบความแข็ง

เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness Tester)

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดสำหรับเครื่องทดสอบความแข็งซึ่งแสดงในตารางที่ 5.5 โดยใช้ค่าอ้างอิงทั้งหมด 7 ชิ้น ครอบคลุมตลอดย่านวัดที่ใช้งานของ เครื่องวัดความแข็ง จากการประเมินค่า % เชิงเส้นตรง = 36.93 % แสดงถือกราฟที่แสดงมีความชันมากเนื่องจากค่าเอนเอียงมีค่าเปลี่ยนแปลงไปมากเมื่อใช้ในย่านวัดต่าง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ และได้ดำเนินการตรวจสอบย่านวัดที่สอบเทียบเครื่องวัดความแข็งพบว่าเครื่องวัดความแข็งได้รับการสอบเทียบเพียงย่านวัดเดียวคือ 47.5 HR_C โดยยอมให้มีค่าคลาดเคลื่อนได้ $\pm$ 5 HR_C ดังนั้นย่านการวัดที่เครื่องมือนี้สามารถใช้งานได้อย่างความถูกต้องแม่นยำที่ 42.5-52.5 HR_C

เนื่องจากการคำนวณเพื่อหาย่านวัดของเครื่องมือวัดอื่น ๆ ที่ใช้ในการศึกษามีขั้นตอนการคำนวณและการวิเคราะห์มีลักษณะเดียวกันกับ ตัวอย่างการคำนวณและการวิเคราะห์ผลของ 2 เครื่องมือที่ได้นำเสนอ และสรุปผลการคำนวณของเครื่องมือวัดทั้งหมดพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับย่านวัดที่ระบุบนเครื่องมือวัดในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ย่านวัดที่ระบุบนเครื่องมือวัดเปรียบเทียบกับแสดงย่านวัดที่ได้จากคำนวณ

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	ย่านการวัดเดิม (ระบุบนเครื่องมือวัด)	ย่านการวัดที่ใช้ได้	%เชิงเส้นตรง
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	0-200 มิลลิเมตร	15.50-175.00 มิลลิเมตร	0.026%
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	0-300 มิลลิเมตร	3.00-285.02 มิลลิเมตร	0.004%
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	0-600 มิลลิเมตร	5.00-551.20 มิลลิเมตร	0.021%
4.	ไมโครมิเตอร์	0-25 มิลลิเมตร	1.98-24.03 มิลลิเมตร	0.069%
5.	ไดอัลเกจ	0-50 มิลลิเมตร	1.98-49.99 มิลลิเมตร	0.014%
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	0-10 มิลลิเมตร	1.98-10.00 มิลลิเมตร	0.419%
7.	เครื่องวัดความแข็ง	0-100 HR_C	42.50-52.50 มิลลิเมตร	ไม่ประยุกต์ใช้

จากผลการคำนวณเพื่อการประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวัดที่ได้ทำการศึกษาพบว่า เครื่องมือวัดทุกเครื่องมือมีขนาดย่านวัดที่สามารถใช้งานเพื่อให้ค่าวัดที่มีความถูกต้องที่สุดน้อยกว่าขนาดย่านวัดที่ได้ระบุบนเครื่องมือวัด ทำให้สามารถทราบย่านวัดที่แท้จริงที่จะนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานได้ และประโยชน์จากการทราบย่านวัดที่แท้จริงของเครื่องมือวัดเป็นการป้องกันการนำเครื่องมือวัดไปใช้ตรวจสอบชิ้นงานภายในย่านวัดที่มีความคลาดเคลื่อน จึงถือว่าเป็นการลด

ความผันแปรของระบบการวัดที่มีสาเหตุมาจากเครื่องมือวัด พร้อมทั้งกำหนดให้เป็นมาตรฐานการทำงานต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด

การประเมินคุณสมบัติด้านเสถียรภาพ เป็นการประเมินเพื่อหาอายุการใช้งานของเครื่องมือวัด โดยพิจารณาจากความผันแปรโดยรวมในระบบการวัดที่ได้จากการวัดงานมาตรฐานหรือชิ้นงานอ้างอิงชิ้นหนึ่งตลอดช่วงเวลา เพื่อเป็นการเฝ้าติดตามความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด โดยในงานวิจัยนี้ใช้แผนภูมิควบคุมเป็นตัวช่วยวัดการเปลี่ยนแปลง(หลังจากที่ได้ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดทุกเครื่องมือในวันที่ 1 มิถุนายน 2543) และเมื่อเครื่องมือวัดดังกล่าวมีความผิดปกติจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุของความผิดปกตินั้น(ใช้วิธี GR&R) ถ้าความผิดปกตินั้นมาจากเครื่องมือวัดให้ดำเนินการแก้ไขเครื่องมือวัดนั้น จากการประเมินคุณสมบัติด้านเสถียรภาพทำให้ทราบระยะเวลาที่เครื่องมือนั้นมีการเสื่อมสภาพและต้องได้รับการสอบเทียบได้ตรงกับอายุการใช้งานจริง โดยได้แบ่งขั้นตอนการประเมินความมีเสถียรภาพเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนประเมินความมีเสถียรภาพ และ ส่วนวิเคราะห์สาเหตุของความผิดปกติของค่าวัดในแแผนภูมิควบคุม ซึ่งแต่ละจะมีขั้นตอนดังนี้

5.3.1 วิธีการประเมินผลความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด

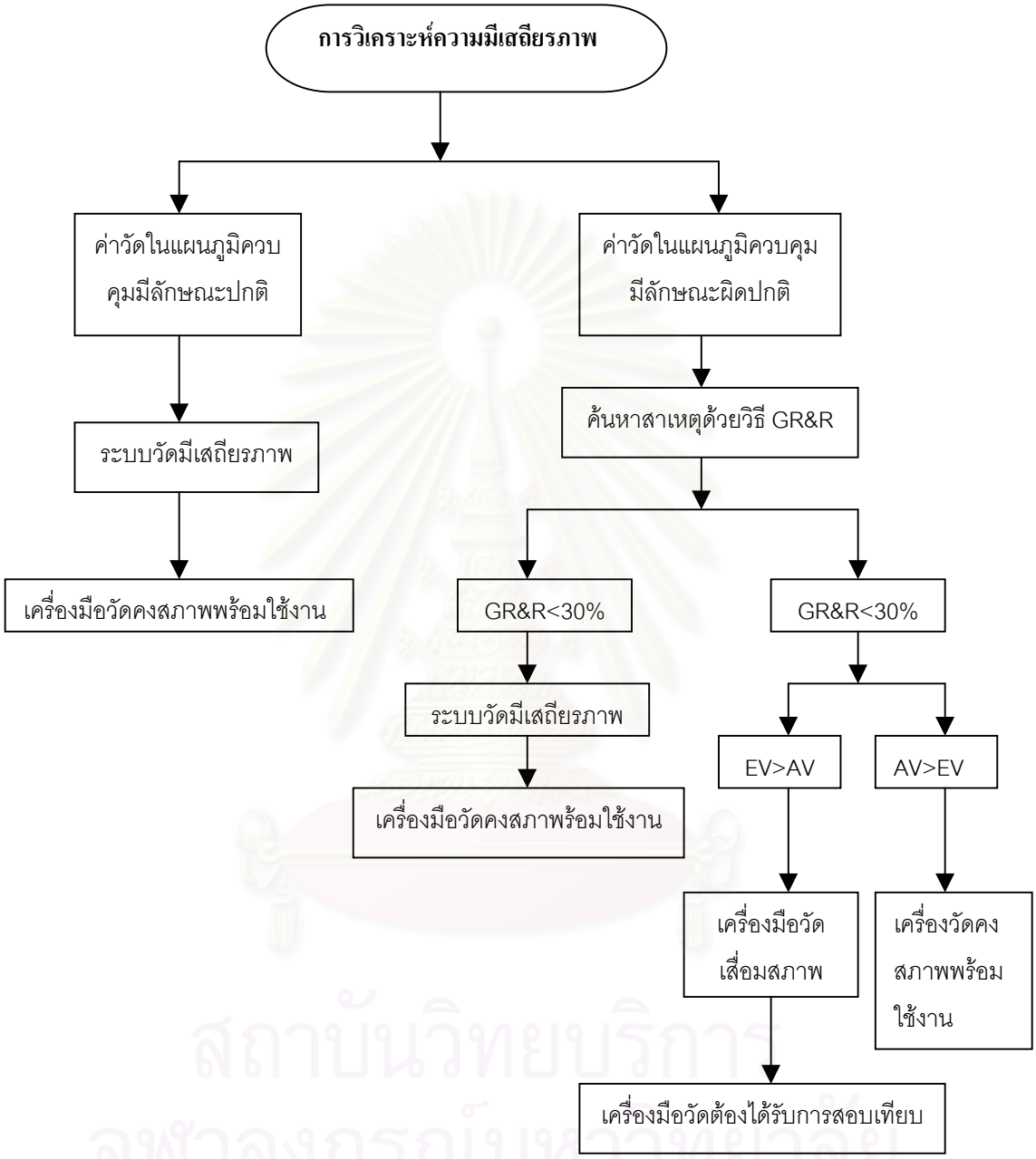
1. ควบคุมสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ให้เป็นไปตามที่กำหนด
   1.1 อุณหภูมิ ต้องอยู่ในช่วง 20 C°- 25 C°
   1.2 ความชื้น < 70 %
   1.3 แสงสว่างต้องมากกว่า 500 ลักซ์
2. เลือกงานมาตรฐานในการวัดขึ้นมาชิ้นหนึ่งที่สามารถสอบค่ากลับยังมาตรฐานที่สูงกว่าได้ (โดยในที่นี้ทำการเลือกชิ้นงานมาจากชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต)
3. ทำการวัดชิ้นงานมาตรฐาน 3 ครั้ง ภายใต้ช่วงระยะที่เหมาะสม (โดยในการทดลองนี้ทำการวัดจำนวน 3 ครั้ง/วัน)
4. พล็อตกราฟแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ พร้อมคำนวณพิกัดควบคุม(โดยใช้ขอบเขตควบคุมเดือนมิถุนายนเป็นขอบเขตอ้างอิงของค่าวัดของเครื่องมือวัดแต่ละเครื่องและแสดงแผนภูมิควบคุมที่มีลักษณะผิดปกติในภาคผนวก ค)
5. วิเคราะห์ความมีเสถียรภาพจากแผนภูมิ ซึ่งถ้าหากมีปัญหาความไม่มีเสถียรภาพแล้วแผนภูมิ $\overline{X} - R$ จะแสดงสภาวะออกนอกการควบคุม
   - ถ้าแผนภูมิ R แสดงสภาวะออกนอกการควบคุม แสดงว่าความสามารถในการวัดซ้ำ(repeatability) ไม่มีเสถียรภาพ แสดงว่ามีปัญหาด้านความสม่ำเสมอ(consistent) ที่มีความจำเป็นต้องหาสาเหตุผิดธรรมชาติภายในกลุ่มย่อยแล้วทำการแก้ไข
   - ถ้าแผนภูมิ $\overline{X}$ แสดงสภาวะออกนอกการควบคุมแสดงว่ามีปัญหาด้านความไม่ถูกต้องในค่าวัด คือค่าไบอัสเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุผิดธรรมชาติดังกล่าว (ซึ่งในการศึกษานี้ใช้วิธี Gage Repeatability and

Reproducibility เป็นการค้นหาสาเหตุโดยแสดงตัวอย่างการคำนวณในตารางที่ 5.10) ถ้าหากสาเหตุมาจากปัจจัยภายนอก(%EV < %AV) ให้ทำการแก้ไข แต่ถ้าหากสาเหตุมาจากปัจจัยภายใน(%EV > %AV) คือ ความสึกหรอของเครื่องมือวัดแล้ว ให้ทำการระบุช่วงเวลาแล้วดำเนินการสอบเทียบใหม่ (recalibration peroid)

- ในการคำนวนจะแสดงค่า C_P และ C_{PK} เพื่อใช้ในการตัดสินใจ โดยถ้าค่า C_P หรือ $C_{PK} < 1$ ถือว่าระบบการวัดขาดคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ(ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์GR&R จะมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับก็ตาม)

6. เมื่อทำการสอบเทียบใหม่ให้เครื่องมือวัดเสร็จแล้วให้ทำขั้นตอนที่ 1 ถึง 4 เพื่อตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



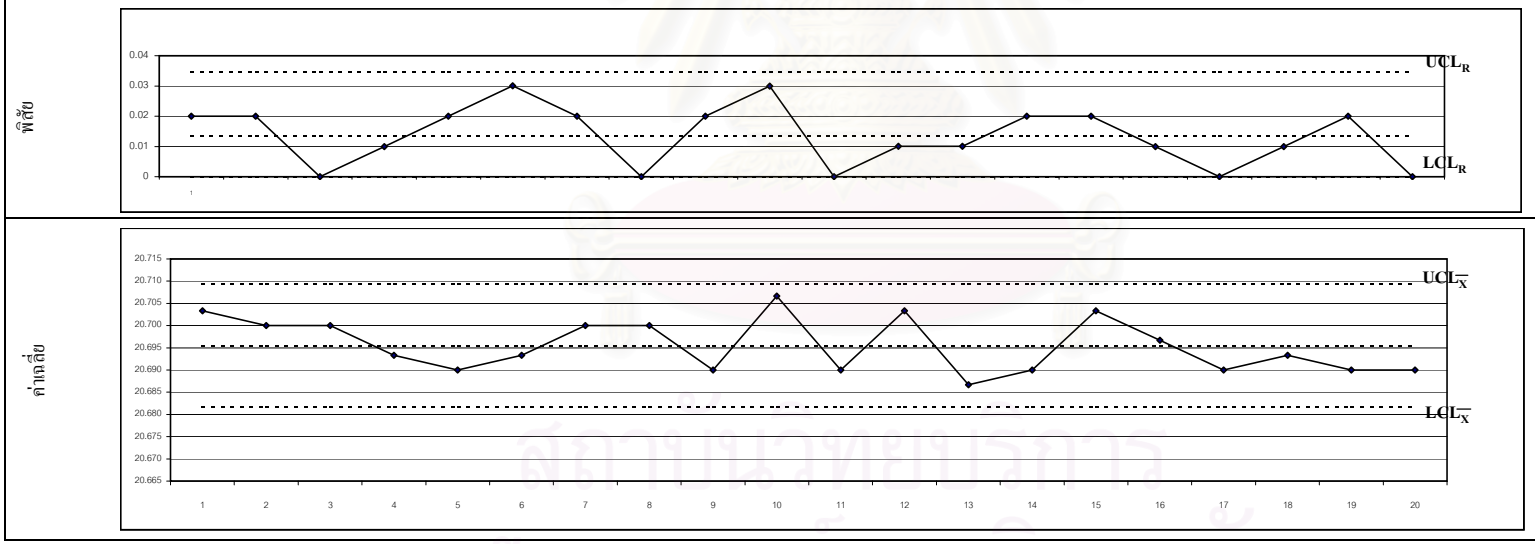
รูปที่ 5.4 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\bar{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPV 009 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เดือนที่ทำการทดลอง	มิถุนายน 2543
ขนาด	200 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	20.71	20.71	20.70	20.70	20.70	20.71	20.70	20.70	20.69	20.69	20.69	20.70	20.68	20.68	20.71	20.70	20.69	20.69	20.68	20.69	
	2	20.71	20.70	20.70	20.69	20.68	20.69	20.71	20.70	20.68	20.72	20.69	20.70	20.69	20.69	20.71	20.70	20.69	20.70	20.70	20.69	
	3	20.69	20.69	20.70	20.69	20.69	20.68	20.69	20.70	20.70	20.71	20.69	20.71	20.69	20.70	20.69	20.69	20.69	20.69	20.69	20.69	
ผลรวม		62.11	62.10	62.10	62.08	62.07	62.08	62.10	62.10	62.07	62.12	62.07	62.11	62.06	62.07	62.11	62.09	62.07	62.08	62.07	62.07	
พิสัย	(R)	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.0135
ค่าเฉลี่ย	($\bar{X}$)	20.70	20.70	20.70	20.69	20.69	20.69	20.70	20.70	20.69	20.71	20.69	20.70	20.69	20.69	20.70	20.70	20.69	20.69	20.69	20.69	20.696



รูปที่ 5.5 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนมิถุนายนของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ใบคำนวณสำหรับแผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\bar{X}$ - R)

พิกัดควบคุม (จำนวนกลุ่มย่อย 20)

คำนวณค่าพิสัยโดยเฉลี่ย

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{0.27}{20} = 0.0135$$

$\sum$ = ผลรวม k = จำนวนกลุ่มย่อย

คำนวณพิกัดควบคุมสำหรับค่าพิสัย

UCL = $D_4 \times \bar{R}$ = 2.575 x 0.0135 = 0.03476

LCL = $D_3 \times \bar{R}$ = 0 x 0.0135 = 0

คำนวณค่าเฉลี่ยทั้งหมด

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{413.91}{20} = 20.6955$$

การคำนวณพิกัดควบคุมสำหรับค่าเฉลี่ย

A_2R = 1.023 x 0.0135 = 0.0138

$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$ = 20.6955 + 0.0138 = 20.7093

$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$ = 20.6955 - 0.0138 = 20.6817

คำนวณความสามารถของกระบวนการ

LSL = X-TOL. = 20.68 USL = X+TOL . = 20.72

เมื่อ X = ค่ากึ่งกลางสเป็ค TOL. = ค่าความเคลื่อนอนุโลม

$C_P = (USL-LSL)/6\sigma$

$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2^*}$

C_P = 1.57

$C_{PK} = MIN(C_{PL}, C_{PU})$

$C_{PL} = (\bar{X}-LSL)/3\sigma$ = 1.22

$C_{PU} = (USL-\bar{X})/3\sigma$ = 1.92

C_{PK} = 1.22

เนื่องจากการคำนวณขอบเขตควบคุมเพื่อให้เป็นขอบเขตอ้างอิงของทุกเครื่องมือมีลักษณะเช่นเดียวกับขอบเขตควบคุมของเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ในรูปที่ 5.4 จึงได้แสดงผลการคำนวณในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าพิกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมเดือนมิถุนายนของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

ลำดับ	เครื่องมือวัด	พิกัดควบคุมสำหรับพิสัย (มิลลิเมตร)	พิกัดควบคุมสำหรับค่าเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	0 - 0.035	20.682 - 20.710
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	0 - 0.035	74.980 - 75.007
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	0 - 0.296	314.126 - 314.361
4.	ไมโครมิเตอร์	0 - 0.0270	20.284 - 20.306
5.	ไดอัลเกจ	0 - 0.0309	3.000 - 3.024
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	0 - 0.027	4.004 - 4.025
7.	เครื่องวัดแรงดึง	0 -1.545	9.503 - 10.731
8.	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	0 – 0.031	1.007 - 1.032
9.	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	0 - 0.035	2.004 - 2.031
10.	เครื่องวัดความแข็งยาง	0 - 4.893	83.756 - 87.644
11.	เครื่องวัดความแข็ง	0 - 2.897	46.791 - 49.093

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2 การวิเคราะห์สาเหตุความผิดปกติของค่าวัดในแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$

ในการประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด เป็นการตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบการวัด แล้วทำการค้นหาสาเหตุของความผิดปกติดังกล่าวว่า โดยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการ Gage Repeatability and Reproduciblity ซึ่งเป็นวิธีในการค้นหาสาเหตุความผิดธรรมชาติ และทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดซึ่งจะกล่าวในบทที่ 6 ต่อไป โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

วิธีการประเมินค่า GR&R สำหรับเครื่องมือแบบวัด

1. ควบคุมสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ให้เป็นไปตามที่กำหนด
   1.1 อุณหภูมิ ต้องอยู่ในช่วง 20 C°- 25 C°
   1.2 ความชื้น < 70 %
   1.3 แสงสว่างต้องมากกว่า 500 ลักซ์
2. สุ่มพนักงานวัดมาประมาณ 2 ถึง 3 คนจากพนักงานทั้งหมด(โดยที่เครื่องมือใดมีพนักงานวัดมากกว่า 3 คนจะทำการสุ่มพนักงานมา 3 คน และจะใช้พนักงานในการทดลอง 2 คน เมื่อเครื่องมือดังกล่าวมี พนักงานสามารถใช้งานได้ 2 คน)
3. สุ่มชิ้นงานมา 10 ชิ้น โดยให้ครอบคลุมช่วงผันแปรของกระบวนการแล้วกำหนดตัวเลขชี้บ่ง 1 ถึง 10 โดยไม่ให้พนักงานรับทราบ ซึ่งชิ้นงานที่นำมาใช้จะเป็นชิ้นงานดีที่ได้จากผู้ส่งมอบ(ชิ้นส่วน Press Part) และชิ้นงานสำเร็จรูป (จากสายการผลิต)
4. ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ใช้ในการประเมิน
5. ให้สุ่มพนักงานวัดขึ้นมา 1 คน แล้วทำการสุ่มชิ้นงานให้พนักงานดังกล่าววัดแล้วบันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม(ผู้วิจัยควรเป็นผู้บันทึกผลการวัดเอง) โดยดำเนินการไปจนครบทุกชิ้น จากนั้นให้สุ่มพนักงานวัดที่เหลือแล้วให้ดำเนินการ เช่นเดิมจนครบทุกคนทุกชิ้นทุกครั้ง (ในการทดลองนี้กำหนดให้พนักงานแต่ละคนทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง)
6. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยสำหรับพนักงานวัดทุกคน และทำการวิเคราะห์มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลก่อนคำนึงถึงการจำแนกความแตกต่างและความสุ่ม จากนั้นทำการ
   คำนวณหาค่าความผันแปรของเครื่องมือวัด (Equipment Variation ; EV)
   คำนวณหาค่าความผันแปรพนักงานวัด(Appraiser Variation ; AV)
   คำนวณหาค่าความผันแปร โดยรวม (Total Variation)
   คำนวณหาค่า GR&R
   คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผันแปรของเครื่องมือวัด ,พนักงานวัด และGR&R
7. บันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์ม Gage Repeatability Reproducibility

8. วิเคราะห์ผลการวัดและหาสาเหตุความผันแปรในระบบการวัดของเครื่องมือ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจดังนี้ คือ

กรณีที่ 1 % GR&R >30 % และมีค่า %EV > %AV สรุปได้ว่าความผิดธรรมชาติของค่าไบอัสของระบบการวัดมาจากปัจจัยภายในอันได้แก่ความสึกหรอของเครื่องมือวัด
กรณีที่ 2 % GR&R >30 % และมีค่า %AV > %EV สรุปได้ว่าความผิดธรรมชาติของค่าไบอัสของระบบการวัดมาจากปัจจัยภายนอกอันได้แก่ ความผิดพลาดของพนักงานวัดแต่ละคนเมื่อทำการวัด
กรณีที่ 3 % GR&R <30 % ถือว่าระบบวัด ณ ช่วงเวลาดังกล่าวยังคงมีเสถียรภาพอยู่

โดยสามารถใช้เกณฑ์การตัดสินดังสรุปในรูปที่ 5.4

หมายเหตุ เกณฑ์การยอมรับค่า Gage Repeatability and Reproducibility ตามมาตรฐาน QS 9000 มีค่าดังนี้

%GR&R $\leq$ 10 %	สามารถยอมรับความสามารถระบบการวัดได้
10% $\leq$ %GR&R $\leq$ 30%	อาจจะยอมรับได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งที่ประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่ายในการวัด ตลอดจนปัจจัยอื่น ๆ ฯลฯ
%GR&R $\geq$ 30 %	ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้มีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วทำการลดและกำจัดทิ้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 แสดงการคำนวณ GR&R ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	ชื่อชิ้นงาน	Roller	จำนวนพนักงานที่ทดลอง	3 คน	วันที่
ไอ้ดัดตัวเลข	BPV 009 QA INSP	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	จำนวนการวัดซ้ำ/ชิ้น	3 ครั้ง	หน่วยในการวัด มิลลิเมตร
ชนิดเครื่องมือวัด	Variable	ข้อกำหนดเฉพาะ	20.3 ± 0.02	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง	10 ชิ้น	บันทึกโดย ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

ผู้ตรวจสอบ	พนักงานคนที่ 1					พนักงานคนที่ 2					พนักงานคนที่ 3					ค่าเฉลี่ย
ชิ้นงาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	$\bar{X}_p$
1	20.290	20.300	20.300	20.297	0.010	20.300	20.290	20.300	20.297	0.010	20.300	20.300	20.310	20.303	0.010	20.299
2	20.290	20.290	20.290	20.290	0.000	20.300	20.290	20.300	20.297	0.010	20.290	20.290	20.300	20.293	0.010	20.293
3	20.300	20.300	20.300	20.300	0.000	20.300	20.300	20.290	20.297	0.010	20.300	20.300	20.300	20.300	0.000	20.299
4	20.300	20.300	20.310	20.303	0.010	20.310	20.300	20.300	20.303	0.010	20.310	20.300	20.310	20.307	0.010	20.304
5	20.310	20.300	20.300	20.303	0.010	20.310	20.300	20.300	20.303	0.010	20.300	20.290	20.300	20.297	0.010	20.301
6	20.300	20.300	20.290	20.297	0.010	20.310	20.290	20.300	20.300	0.020	20.300	20.290	20.300	20.297	0.010	20.298
7	20.290	20.290	20.300	20.293	0.010	20.300	20.300	20.300	20.300	0.000	20.300	20.300	20.300	20.300	0.000	20.298
8	20.300	20.300	20.290	20.297	0.010	20.290	20.300	20.300	20.297	0.010	20.300	20.300	20.300	20.300	0.000	20.298
9	20.290	20.290	20.290	20.290	0.000	20.290	20.290	20.300	20.293	0.010	20.300	20.290	20.300	20.297	0.010	20.293
10	20.300	20.300	20.300	20.300	0.000	20.290	20.290	20.300	20.293	0.010	20.300	20.290	20.300	20.297	0.010	20.297
				$\bar{X}_1$	$\bar{R}_1$				$\bar{X}_2$	$\bar{R}_2$				$\bar{X}_3$	$\bar{R}_3$	Rp
				20.297	**0.006**				**20.298**	**0.010**				**20.299**	**0.007**	**0.011**

$\bar{\bar{R}}$ = $(\bar{R}1+\bar{R}2+\bar{R}3)/3$ = 0.0077 $\bar{X}$ diff = Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ = 0.0020

การวิเคราะห์ระบบการวัด	เปอร์เซ็นความผันแปรรวม(% TV)
Repeatability - Equipment Variation (EV)	
$EV = \bar{\bar{R}} * K1$	% EV = 100 [EV/TV]
0.0234	78.75 %
จำนวนซ้ำ: 2 → K1 = 4.56; 3 → K1 = 3.05	
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)	nr = 30
$AV = \sqrt{[(\bar{X}diff * K2)^2 - (EV^2 / nr)]}$	% AV = 100 [AV/TV]
0.0033	11.14 %
จำนวนพนักงาน: 2 → K2 = 3.65; 3 → K2 = 2.70	n = จำนวนชิ้นงาน, r = จำนวนซ้ำ
Repeatability & Reproducibility (R&R)	
$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$	%R&R= 100 [R&R/TV]
0.0236	79.53 %
Part Variation (PV)	
PV = Rp * K3	
0.018	

จำนวนชิ้นงาน	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K3	3.65	2.70	2.30	2.08	1.93	1.82	1.74	1.67	1.62

Total Variation (TV)	
$TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$	%PV = 100 [PV/TV]
0.0297	60.62 %

การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Verneir Caliper)

ในการพิจารณาความมีเสถียรภาพของระบบการวัดของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ใช้วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Roller โดยใช้ขอบเขตควบคุมของแผนภูมิควบคุมรูปที่ 5.5 เป็นขอบเขตในการรักษาเสถียรภาพของค่าวัด โดยได้ทำการประเมินผลคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดนี้ ตั้งแต่เดือน มิถุนายน 2543 นั้น พบว่าในแผนภูมิควบคุม R แสดงสภาวะอยู่ภายใต้การควบคุม ซึ่งแสดงว่าระบบการวัดดังกล่าวมีคุณสมบัติด้านความสม่ำเสมอ (consistent) ที่ดี แต่สำหรับแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ จะมีจุดออกนอกการควบคุมในแผนภูมิควบคุมที่แสดงในภาคผนวก ค รูปที่ 1 วันที่ 4 รูปที่ 2 วันที่ 13 และ รูปที่ 3 วันที่ 15 และ17 ซึ่งหมายถึงมีความผันแปรจากสาเหตุผิดธรรมชาติของค่าเอนเอียงของระบบการวัด จึงมีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุความผันแปรดังกล่าว โดยได้ใช้การทดสอบด้วยวิธี Gage Repeatability and Reproducibility ในการค้นหาสาเหตุของความผันแปร โดยในรูปที่ 1 วันที่ 4 รูปที่ 2 วันที่ 13 และ รูปที่ 3 วันที่ 15 มีจุดออกนอกการควบคุม มี % GR&R ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้(ไม่ได้แสดงผลการคำนวณในงานวิจัยนี้) แสดงว่าความผิดปกตินั้นมีสาเหตุมาจากปัจจัยภายนอกของระบบการวัดได้แก่ วิธีการวัดของพนักงานที่ผิดพลาดหรือการอ่านค่าที่ไม่ถูกต้อง แต่จุดที่ออกนอกการควบคุมในรูปที่ 6 วันที่ 17 ผลการทดสอบ % GR&R ซึ่งแสดงในตารางที่ 5.11 มีค่า 79.53 % ซึ่งมากกว่ามาตรฐานการยอมรับโดยมีค่า % EV (Equipment Variable) เท่ากับ 78.75 % และ %AV (Appraiser Variable) เท่ากับ 11.14 % แสดงว่าความผิดปกตินี้มีสาเหตุมาจากปัจจัยภายในได้แก่ ความสึกหรอของเครื่องมือวัด จึงต้องดำเนินการระบุระยะเวลาในการการสอบเทียบใหม่ (recalibration period) โดยห้ามนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปใช้วัดชิ้นงานก่อนดำเนินการสอบเทียบ

สำหรับเครื่องมือวัดที่ทำการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพทั้งหมด จะมีขั้นตอนการประเมินและวิเคราะห์ผลในลักษณะเช่นเดียวกับเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ จึงได้แสดงผลการประเมินในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 แสดงค่า %GR&R เมื่อเครื่องมือวัดเสื่อมสภาพ

ลำดับ	เครื่องมือวัด	วันที่เครื่องมือเสื่อมสภาพ	%GR&R	แหล่งความผันแปร	
				%EV	%AV
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	17 /11/2543	79.53	78.75	11.14
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	13/01/2544	34.54	34.3	4.06
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	19/01/2544	75.37	74.24	13.00
4.	ไมโครมิเตอร์	4/01/2544	39.74	36.06	16.70
5.	ไดอัลเกจ	11/11/2543	35.09	29.38	19.19
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	8/11/2543	45.28	45.06	4.52
7.	เครื่องวัดแรงดึง	5/12/2543	36.18	36.03	3.30
8.	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	14/01/2543	52.41	51.31	10.66
9.	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	5/02/2544	53.38	49.25	20.58
10.	เครื่องวัดความแข็งยาง	19/12/2543	39.49	36.63	14.77
11.	เครื่องวัดความแข็ง	1/01/2544	64.14	63.65	7.89

จากการประเมินและวิเคราะห์ผลการหาระยะเวลาการสอบเทียบจากคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดโดยจะกำหนดเป็นช่วงเวลาการสอบเทียบใหม่เมื่อพบว่าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพ ผลดังกล่าวจะทำให้กำหนดช่วงระยะเวลาการสอบเทียบตรงกับระยะเวลาที่เครื่องมือวัดนั้นต้องการการสอบเทียบถูกต้องกว่าการกำหนดช่วงเวลาการสอบเทียบแบบเดิมซึ่งกำหนดเครื่องมือวัดต้องรับการสอบเทียบทุก 6 เดือน ดังนั้นจึงได้แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาสอบเทียบของแบบเดิมกับระยะเวลาการสอบเทียบแบบที่เสนอของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการประเมินในตารางที่ 5.12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่เครื่องมือวัดได้รับการสอบเทียบแบบเดิม กับแบบประเมินด้วยแผนภูมิควบคุม

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	ช่วงเวลาแบบเดิม (กำหนดไว้ทุก 6 เดือน)	ช่วงเวลาที่ได้จากแผนภูมิควบคุม
1.	เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์	180 วัน	197 วัน
2	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	180 วัน	223 วัน
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	180 วัน	229 วัน
4.	ไมโครมิเตอร์	180 วัน	214 วัน
5.	ไดอัลเกจ	180 วัน	161 วัน
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	180 วัน	158 วัน
7.	เครื่องวัดแรงดึง	180 วัน	185 วัน
8.	เครื่องวัดความสูงล็อกเกียร์	180 วัน	223 วัน
9.	เครื่องวัดความสูงเซ็กเตอร์เกียร์	180 วัน	245 วัน
10.	เครื่องทดสอบความแข็งยาง	180 วัน	199 วัน
11.	เครื่องทดสอบความแข็ง	180 วัน	240 วัน

หมายเหตุ การคำนวณประมาณค่า 1 เดือน เท่ากับ 30 วัน

จากตารางที่ 5.12 ผลปรากฏว่าเครื่องมือวัดโดยส่วนใหญ่มีช่วงระยะเวลาในการใช้งานก่อนทำการสอบเทียบครั้งใหม่ (เริ่มต้นนับจากการสอบเทียบเครื่องมือวัดก่อนการทดลอง ณ วันที่ 1 มิถุนายน 2543) นานกว่าช่วงระยะเวลาที่กำหนดให้มีการสอบเทียบทุก 6 เดือน (ประมาณ 180 วัน) ผลจากการประเมินทำให้ทราบอายุการใช้งานจริงของเครื่องมือวัดทั้งหมด และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบเครื่องมือวัดในกรณีที่เครื่องมือวัดดังกล่าวยังไม่ถึงเวลาที่ต้องทำการสอบเทียบครั้งต่อไป สำหรับไดอัลเกจและไดอัลเกจวัดความหนาซึ่งจำเป็นต้องได้รับการสอบเทียบก่อนเวลากำหนดถือได้ว่าเป็นการป้องกันการนำเครื่องมือวัดที่ไม่มีความมีเสถียรภาพไปใช้ในการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งจะขาดความสามารถในการตรวจจับชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพเข้าสายการผลิต ดังนั้นการประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดจึงมีความจำเป็น และมีประโยชน์ในการประกันคุณภาพให้กับระบบการตรวจสอบ เนื่องจากเป็นระบบการเตือนล่วงหน้าเพื่อป้องกันปัญหาคุณภาพที่จะเกิดขึ้น เช่น ป้องกันชิ้นงานที่ไม่มีคุณภาพออกไปสู่ลูกค้า ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่6
การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดในสภาวะปัจจุบัน

การวิเคราะห์ความแม่นยำเป็นการศึกษาถึงการกระจายของข้อมูลที่ได้จากการวัดอย่างสุ่มรอบค่าแท้จริงค่าหนึ่ง โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาถึงความคลาดเคลื่อนที่มาจากสาเหตุ 2 ประการ คือ สาเหตุที่มาจากเครื่องมือวัด(Equipment Variation)ซึ่งได้แก่ ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน หรือความเสื่อมสภาพของเครื่องมือวัด และสาเหตุจากพนักงานวัด(Appraiser Variation) ซึ่งได้แก่ การขาดความเข้าใจในวิธีการวัดที่ถูกต้องของพนักงานแต่ละคน โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ค่าที่ได้จากการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคนให้มีค่าใกล้เคียงกันทุกคน ซึ่งใช้วิธี Gage Repeatability and Reproducibility เป็นวิธีประเมินความแม่นยำ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 วิธีการประเมินค่า GR&R สำหรับเครื่องมือแบบวัด

1. ควบคุมสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ให้เป็นไปตามที่กำหนด
   1.1 อุณหภูมิ ต้องอยู่ในช่วง 20 C°- 25 C°
   1.2 ความชื้น < 70 %
   1.3 แสงสว่างต้องมากกว่า 500 ลักซ์
2. สุ่มพนักงานวัดมาประมาณ 2 ถึง 3 คนจากพนักงานทั้งหมด(โดยที่เครื่องมือใดมีพนักงานวัดมากกว่า 3 คนจะทำการสุ่มพนักงานมา 3 คน และจะใช้พนักงานในการทดลอง 2 คน เมื่อเครื่องมือดังกล่าวมี พนักงานสามารถใช้งานได้ 2 คน)
3. สุ่มชิ้นงานมา 10 ชิ้น โดยให้ครอบคลุมช่วงผันแปรของกระบวนการแล้วกำหนดตัวเลขชี้บ่ง 1 ถึง 10 โดยไม่ให้พนักงานรับทราบ ซึ่งชิ้นงานที่นำมาใช้จะเป็นชิ้นงานดีที่ได้จากผู้ส่งมอบ(ชิ้นส่วน Press Part) และชิ้นงานสำเร็จรูป (จากสายการผลิต)
4. ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ใช้ในการประเมิน
5. ให้สุ่มพนักงานวัดขึ้นมา 1 คน แล้วทำการสุ่มชิ้นงานให้พนักงานดังกล่าววัดแล้วบันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม(ผู้วิจัยควรเป็นผู้บันทึกผลการวัดเอง) โดยดำเนินการไปจนครบทุกชิ้น จากนั้นให้สุ่มพนักงานวัดที่เหลือแล้วให้ดำเนินการ เช่นเดิมจนครบทุกคนทุกชิ้นทุกครั้ง (ในการทดลองนี้กำหนดให้พนักงานแต่ละคนทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง)
6. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยสำหรับพนักงานวัดทุกคน และทำการวิเคราะห์มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลก่อนคำนึงถึงการจำแนกความแตกต่างและความสุ่ม จากนั้นทำการ

คำนวณหาค่าความผันแปรของเครื่องมือวัด (Equipment Variation ; EV)

คำนวณหาค่าความผันแปรพนักงานวัด(Appraiser Variation ; AV)

คำนวณหาค่าความผันแปรโดยรวม (Total Variation)

คำนวณหาค่า GR&R

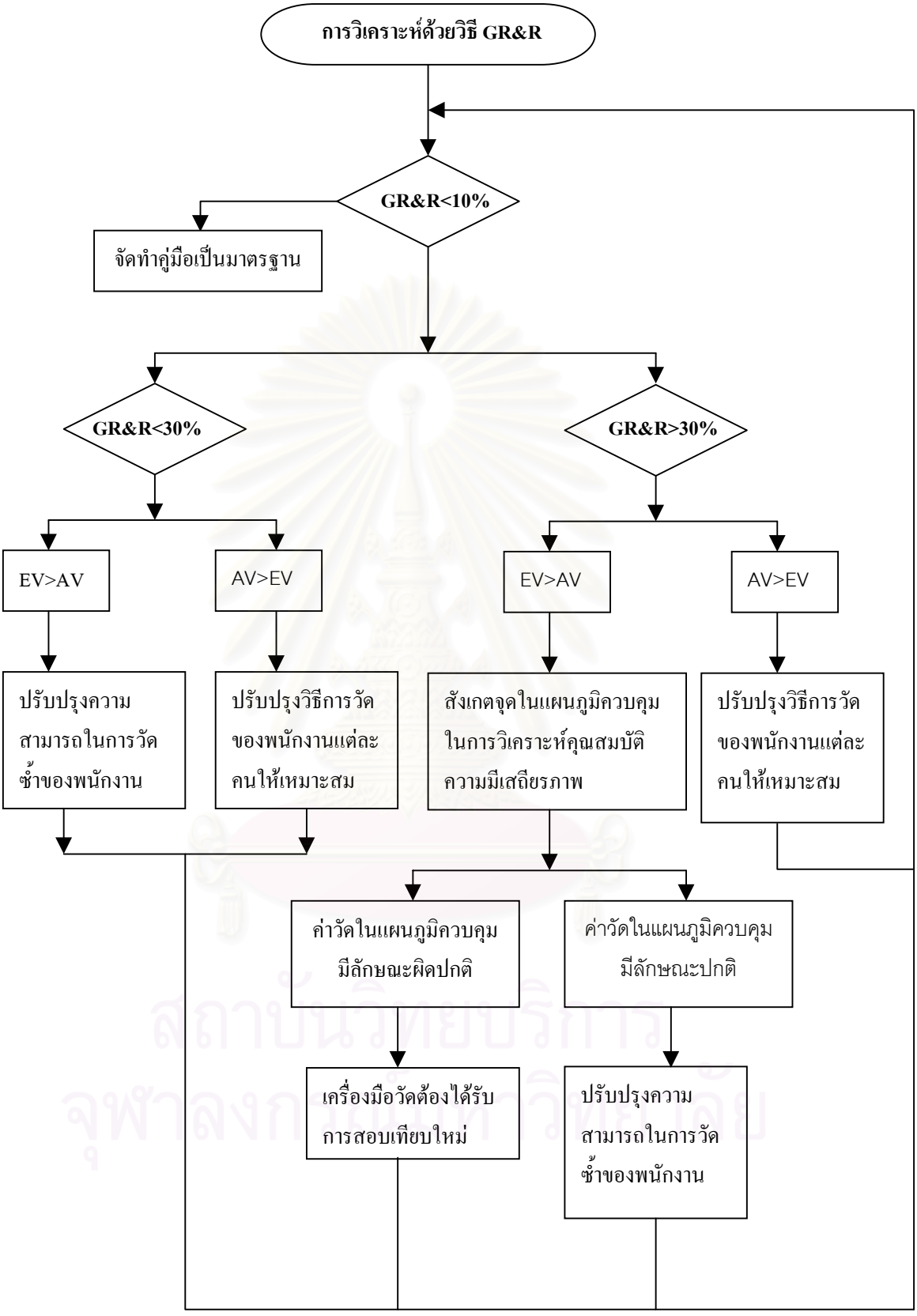
คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผันแปรของเครื่องมือวัด ,พนักงานวัด และGR&R

7. บันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์ม Gage Repeatability Reproducibility
8. วิเคราะห์ผลการวัดและหาสาเหตุความผันแปรในระบบการวัดของเครื่องมือดังกล่าว พร้อมทั้งเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไข โดยขั้นตอนการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 6.1

หมายเหตุ เกณฑ์การยอมรับค่า Gage Repeatability and Reproducibility ตามมาตรฐาน QS 9000 มีค่าดังนี้

%GR&R $\leq$ 10 %	สามารถยอมรับความสามารถระบบการวัดได้
10% $\leq$ %GR&R $\leq$ 30%	อาจจะยอมรับได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งที่ประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่ายในการวัด ตลอดจนปัจจัยอื่น ๆ ฯลฯ
%GR&R $\geq$ 30 %	ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้มีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วทำการลดและกำจัดทิ้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแม่นยำด้วยวิธี Gage Repeatability and Reproducibility

ตารางที่ 6.1 แสดงการคำนวณ GR&R ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	ชื่อชิ้นงาน	Roller	จำนวนพนักงานที่ทดลอง	3 คน วันที่
ไอ้ดัดตัวเลข	BPV 009 QA INSP	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	จำนวนการวัดซ้ำ/ชิ้น	3 ครั้ง หน่วยในการวัด มิลลิเมตร
ชนิดเครื่องมือวัด	Variable	ข้อกำหนดเฉพาะ	20.3 ±0.02	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง	10 ชิ้น บันทึกโดย ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

ผู้ตรวจสอบ	พนักงานคนที่ 1					พนักงานคนที่ 2					พนักงานคนที่ 3					ค่าเฉลี่ย
ชิ้นงาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	$\bar{X}_p$
1	20.700	20.710	20.710	20.707	0.010	20.710	20.710	20.700	20.707	0.010	20.720	20.720	20.710	20.717	0.010	20.710
2	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.700	20.710	20.710	20.707	0.010	20.720	20.720	20.720	20.720	0.000	20.712
3	20.700	20.680	20.680	20.687	0.020	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.670	20.670	20.690	20.677	0.020	20.681
4	20.690	20.690	20.680	20.687	0.010	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.670	20.670	20.680	20.673	0.010	20.680
5	20.710	20.720	20.710	20.713	0.010	20.720	20.710	20.710	20.713	0.010	20.720	20.720	20.730	20.723	0.010	20.717
6	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.690	20.690	20.690	20.690	0.000	20.690	20.700	20.700	20.697	0.010	20.696
7	20.690	20.680	20.680	20.683	0.010	20.680	20.690	20.680	20.683	0.010	20.710	20.700	20.710	20.707	0.010	20.691
8	20.690	20.690	20.690	20.690	0.000	20.690	20.680	20.680	20.683	0.010	20.670	20.680	20.680	20.677	0.010	20.683
9	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.690
10	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.690	20.690	20.700	20.693	0.010	20.690	20.690	20.690	20.690	0.000	20.698
				$\bar{X}_1$	$\bar{R}_1$				$\bar{X}_2$	$\bar{R}_2$				$\bar{X}_3$	$\bar{R}_3$	Rp
				20.700	**0.006**				**20.692**	**0.006**				**20.696**	**0.008**	**0.037**

$\bar{\bar{R}}$ = $(\bar{R}1+\bar{R}2+\bar{R}3)/3$ = 0.0067 $\bar{X}$ diff = Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ = 0.0080

การวิเคราะห์ระบบการวัด	เปอร์เซ็นความผันแปรรวม(% TV)
Repeatability - Equipment Variation (EV)	
$EV = \bar{\bar{R}} * K1$ = 0.0203	% EV = 100 [EV/TV] = 30.67 %
จำนวนซ้ำ: 2 → K1 = 4.56; 3 → K1 = 3.05	
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)	nr = 30
$AV = \sqrt{[(\bar{X}diff * K2)^2 - (EV^2/nr)]}$ = 0.0213	% AV = 100 [AV/TV] = 32.10 %
จำนวนพนักงาน: 2 → K2 = 3.65; 3 → K2 = 2.70	n = จำนวนชิ้นงาน, r = จำนวนซ้ำ
Repeatability & Reproducibility (R&R)	
$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$ = 0.0294	%R&R= 100 [R&R/TV] = 44.40 %
Part Variation (PV)	
PV = Rp * K3 = 0.0594	
จำนวนชิ้นงาน: 2 → 3.65; 3 → 2.70; 4 → 2.30; 5 → 2.08; 6 → 1.93; 7 → 1.82; 8 → 1.74; 9 → 1.67; 10 → 1.62	
Total Variation (TV)	
$TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$ = 0.0663	%PV = 100 [PV/TV] = 89.60 %

สำนักวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.2 แสดงการคำนวณ GR&R ของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	ชื่อชิ้นงาน	Rear cushion Bracket	จำนวนพนักงานที่ทดลอง	2 คน	วันที่	
โค้ดตัวเลข	BPVH 005 QA INSP	พารามิเตอร์	ความสูง	จำนวนการวัดซ้ำ/ชิ้น	3 ครั้ง	หน่วยในการวัด	มิลลิเมตร
ชนิดเครื่องมือวัด	Variable	ข้อกำหนดเฉพาะ	74.6 ± 0.3	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง	10 ชิ้น	บันทึกโดย	ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

ผู้ตรวจสอบ	พนักงานคนที่1					พนักงานคนที่ 2					ค่าเฉลี่ย
ชิ้นงาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	$\bar{X}p$
1	74.480	74.500	74.580	74.520	0.100	74.600	74.600	74.620	74.607	0.020	74.563
2	74.860	74.860	74.860	74.860	0.000	74.900	74.900	74.900	74.900	0.000	74.880
3	74.800	74.700	74.800	74.767	0.100	74.920	74.900	74.900	74.907	0.020	74.837
4	74.600	74.640	74.540	74.593	0.100	74.640	74.640	74.700	74.660	0.060	74.627
5	74.780	74.680	74.680	74.713	0.100	74.760	74.720	74.720	74.733	0.040	74.723
6	74.520	74.600	74.600	74.573	0.080	74.700	74.760	74.680	74.713	0.080	74.643
7	74.520	74.580	74.620	74.573	0.100	74.600	74.540	74.520	74.553	0.080	74.563
8	74.600	74.500	74.500	74.533	0.100	74.520	74.520	74.540	74.527	0.020	74.530
9	74.520	74.60.	74.560	74.540	0.040	74.520	74.520	74.520	74.520	0.000	74.530
10	74.600	74.500	74.600	74.567	0.100	74.600	74.640	74.640	74.627	0.040	74.597
				$\bar{X}_1$	$\bar{R}_1$				$\bar{X}_2$	$\bar{R}_2$	$\bar{R}p$
				74.624	**0.082**				**74.675**	**0.036**	**0.350**

$\bar{\bar{R}}$ = $(\bar{R}1+\bar{R}2)/2$ = 0.0590 $\bar{\bar{X}}$ diff = Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ = 0.0507

การวิเคราะห์ระบบการวัด	เปอร์เซ็นความผันแปรรวม(% TV)

Repeatability - Equipment Variation (EV)

$EV = \bar{\bar{R}} * K1$ = 0.1800

จำนวนซ้ำ	2	3
K1	4.56	3.05

% EV = 100 [EV/TV] = 28.93 %

Reproducibility - Appraiser Variation (AV)

$AV = \sqrt{[(\bar{X}diff * K2)^2 - (EV^2 / nr)]}$ = 0.1820

จำนวนพนักงาน	2	3
K2	3.65	2.70

nr = 30

% AV = 100 [AV/TV] = 29.26 %

n = จำนวนชิ้นงาน

r = จำนวนซ้ำ

Repeatability & Reproducibility (R&R)

$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$ = 0.2559

%R&R= 100 [R&R/TV] = 41.14 %

Part Variation (PV)

$PV = Rp * K3$ = 0.5670

จำนวนชิ้นงาน	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K3	3.65	2.70	2.30	2.08	1.93	1.82	1.74	1.67	1.62

Total Variation (TV)

$TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$ = 0.6221

%PV = 100 [PV/TV] = 91.14 %

เนื่องจากการคำนวณเพื่อประเมินค่า % GR&R มี 2 กรณีคือ แบบพนักงานวัด 3 คน และพนักงานวัด 2 จึงได้แสดงขั้นตอนการคำนวณของเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์สำหรับการคำนวณเมื่อใช้พนักงานวัด 3 คน และเวอร์เนียร์ไฮเกจสำหรับการคำนวณเมื่อใช้พนักงานวัด 2 คน ส่วนเครื่องมือวัดอื่นจะมีขั้นตอนการคำนวณในลักษณะเดียวกัน ซึ่งจะแสดงผลการคำนวณในตารางที่ 6.3

ตารางที่6.3 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดด้วยวิธีGR&R

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	ก่อนปรับปรุง	แหล่งความผันแปร	
		%GR&R	% EV	% AV
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	44.40	30.67	32.10
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	41.14	28.93	29.26
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	52.20	36.19	37.62
4.	ไมโครมิเตอร์	50.41	34.13	37.10
5.	ไดอัลเกจ	27.84	18.71	20.61
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	20.12	13.59	14.83
7.	เครื่องวัดแรงดึง	94.02	57.73	74.21
8.	เครื่องวัดขนาดชิ้นงาน 3 มิติ	26.72	17.29	20.30
9.	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	41.03	26.35	31.45
10.	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	28.40	15.93	23.51
11.	เครื่องวัดความแข็งยาง	90.21	78.01	45.29
12.	เครื่องวัดความแข็ง	80.42	57.54	56.19

จากการคำนวณเพื่อประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดพบว่า เครื่องมือวัดทุกเครื่องมือมีค่า % GR&R มากกว่า 10 % ทั้งสิน แสดงว่าระบบการวัดของเครื่องมือวัดทั้งหมดยังขาดความแม่นยำเพียงพอในการตรวจจับความผันแปรของชิ้นงานในสายการผลิต จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุและทำการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นของเครื่องมือวัด แล้วดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้เครื่องมือวัดมีค่า % GR&R อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ

จากผลการคำนวณค่า % GR&Rที่แสดงดังตารางที่ 6.3 สามารถวิเคราะห์ผลเพื่อหาสาเหตุของความผันแปรของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดได้ดังนี้

6.1.1 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

% GR&R = 44.40%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 44.40 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า 30 % ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

จาก % EV = 30.67%

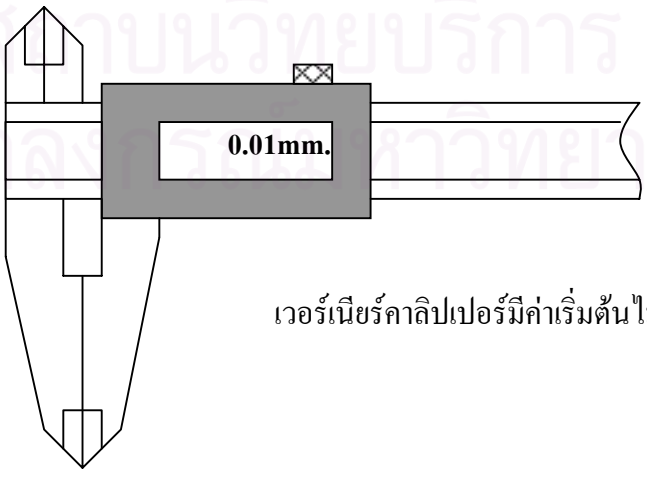
จาก % AV = 32.10 %

พบว่า ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดนี้มีสาเหตุที่มีจากพนักงานวัดและความผันแปรจากเครื่องมือวัดใกล้เคียงกัน แต่จากการประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ พบว่าเครื่องมือวัดยังคงพร้อมใช้งาน แสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

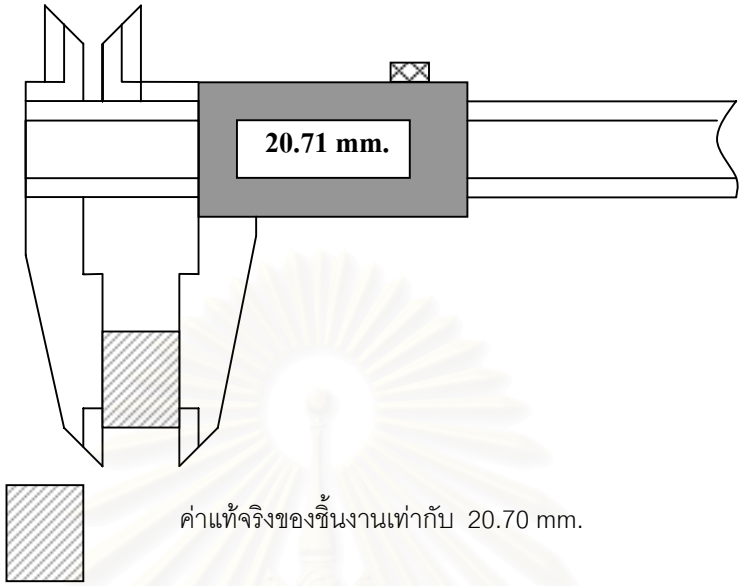
จากการศึกษาวิธีการทำการพบว่าพนักงานแต่ละคนมีความเข้าใจวิธีการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ไม่เท่ากันโดย และพบสาเหตุของความผิดพลาดในการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ดังนี้

1. พนักงานไม่ได้ทำการตรวจสอบสภาพของเครื่องมือวัดก่อนทำการใช้งานซึ่งในบางครั้งค่าเริ่มต้นของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอลไม่ถูกตั้งค่าเท่ากับ 0 ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเมื่อเริ่มต้นทำการวัด

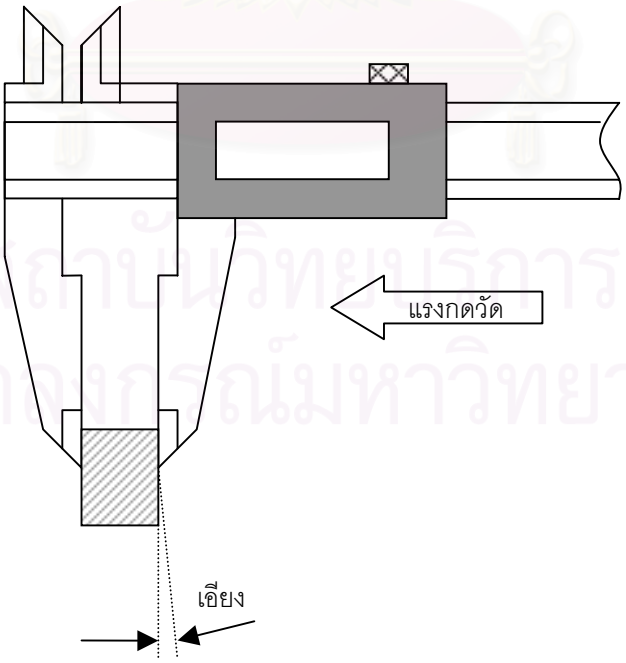


เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีค่าเริ่มต้นไม่เท่ากับ 0 mm.

ความคลาดเคลื่อนจากค่าเริ่มต้นของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

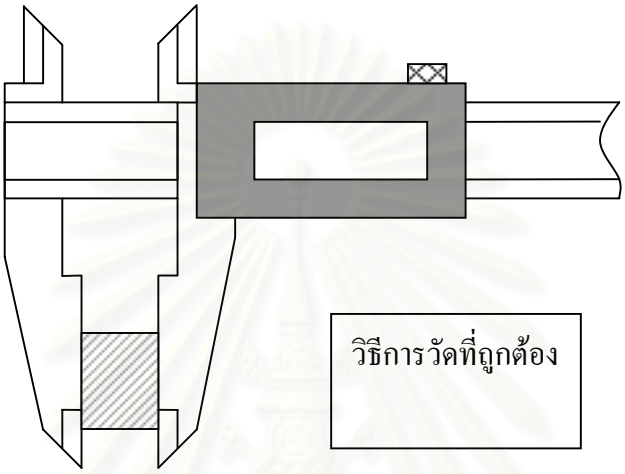


2. เมื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานเป็นจำนวนมากพนักงานไม่ได้ตรวจสอบค่าเริ่มต้นของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอล อยู่เสมอว่ามีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่
3. ในการวัดชิ้นงานพนักงานไม่ได้ใช้ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสส่วนใหญ่ของปากกาของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอล

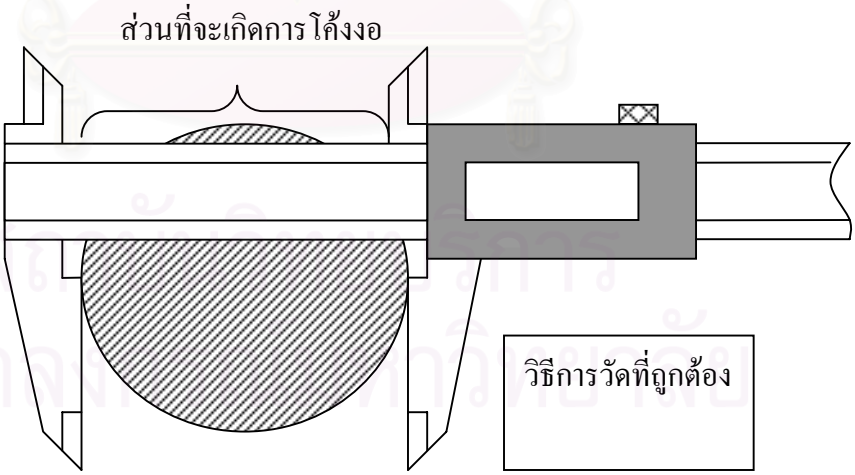


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหนีบชิ้นงานโดยที่หน้าสัมผัสของปากเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไม่สัมผัสไม่สัมผัสกับผิวส่วนใหญ่หรือบริเวณโคนของปากกาวัดชิ้นงาน เพราะจะทำให้เกิดการโค้งงอของปากกาวัด และไม่สามารถวัดค่าที่ถูกต้องได้

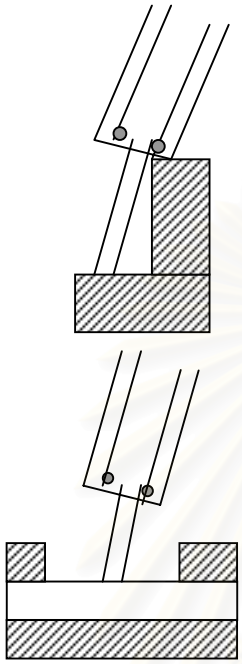


4. ชิ้นงานมีขนาดใหญ่ โดยปกติจะวัดบริเวณส่วนปลายของชิ้นงาน ในขณะวัดนั้นเคล็ดลับในการวัดคือ ไม้บรรทัดหลักจะต้องสัมผัสแนบกับส่วนปลายของชิ้นงาน การทำเช่นนี้จะทำให้ป้องกันการโค้งงอของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ทำให้วัดค่าได้อย่างถูกต้อง

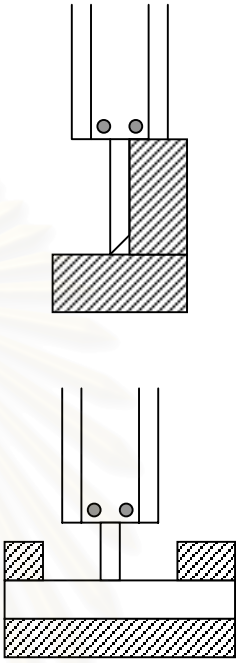


1. ขณะที่ทำการวัดรูหรือร่องของชิ้นงาน เครื่องมือไม่ตั้งฉากกับวัตถุ

วิธีการวัดที่ผิด



วิธีการวัดที่ถูกต้อง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.2 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

% GR&R =41.14%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 41.14 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า 30 % ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

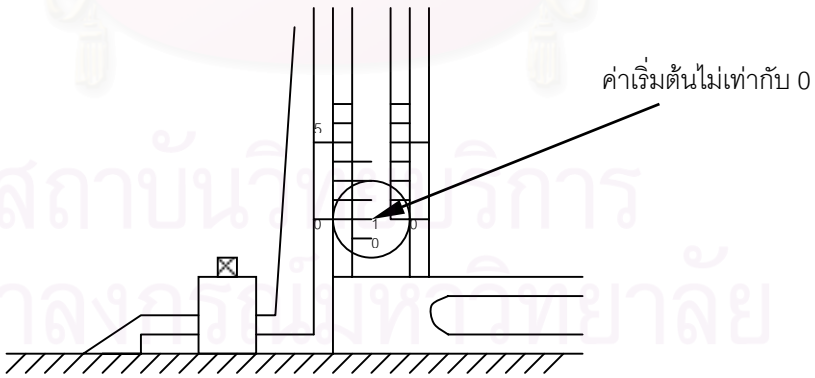
จาก % EV = 28.93 %

จาก % AV = 29.26%

พบว่า ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดนี้มีสาเหตุที่มีจากพนักงานวัดและความผันแปรจากเครื่องมือวัดใกล้เคียงกัน แต่จากการประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ พบว่าเครื่องมือวัดยังคงพร้อมใช้งาน แสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

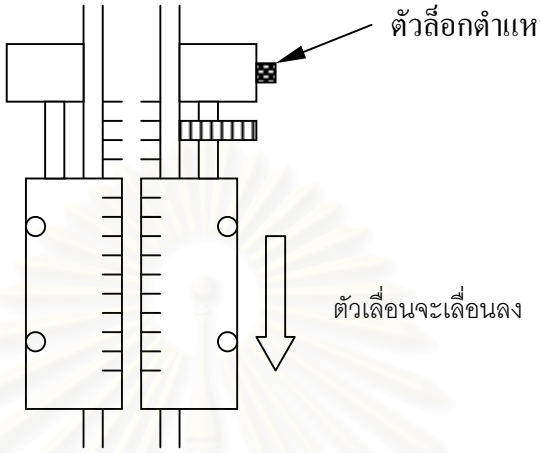
การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

1. ในการเวอร์เนียไฮเกจเพื่อทำการวัดชิ้นงานพนักงานขาดการตรวจสอบพื้นโต๊ะที่ใช้วางและบริเวณ Scriber ที่ใช้ในการวัดบางครั้งผิวของโต๊ะมีสิ่งปลอมปนที่ใช้ผิวไม่เรียบ
2. พนักงานไม่ได้ทำการตรวจสอบค่าเริ่มต้นของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

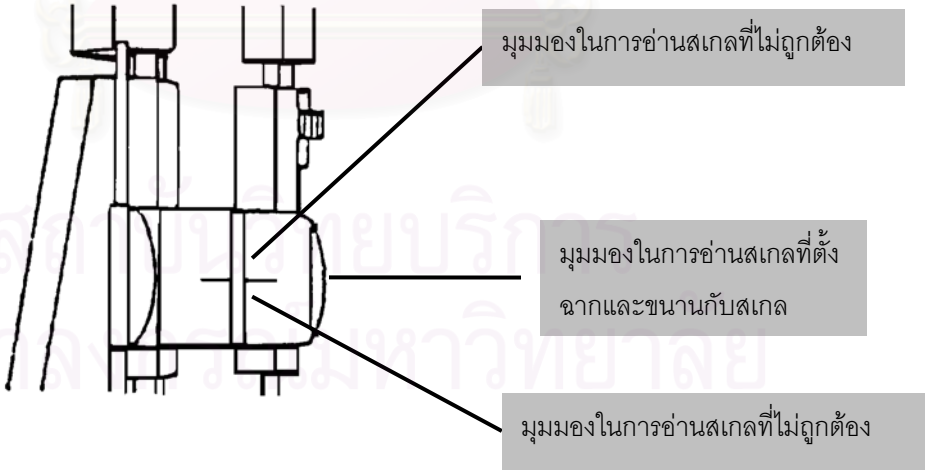


3. ในการวางชิ้นงานก่อนทำการวัดลักษณะการวางของพนักงานไม่ถูกต้อง
4. พนักงานขาดความเข้าใจในความละเอียดของเครื่องมือวัดและการปัดค่าที่วัด
5. พนักงานแต่ละคนมีความชำนาญในการใช้และการอ่านค่าแบบสเกลแตกต่างกัน

6. พนักงานบางคนไม่ทำการหมุนน๊อตเพื่อล๊อกตำแหน่งช่องสเกลเวอร์เนียร์ทำให้ในการวัดชิ้นงานตัวเลื่อนของเวอร์เนียร์ไฮเกจจะเลื่อนลงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะให้การร่างแบบ(Lay Out)



7. ในการอ่านค่าสเกลบางครั้งเกิดปัญหาด้าน การเยื้องสเกล(Pallarax) คือมุมมองที่พนักงานเยื้องกับสเกลทำ
ให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับค่าจริง



6.1.3 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของ เวอร์เนียร์วัดระยะรู

% GR&R = 52.20%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 52.20 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า 30 % ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

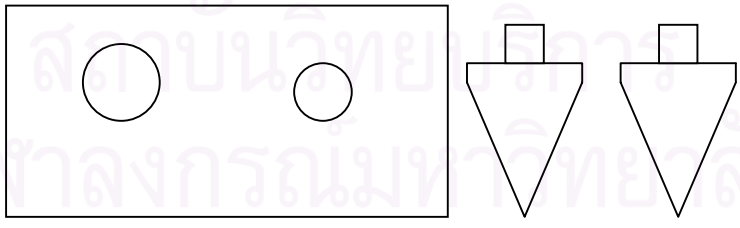
จาก % EV = 36.19 %

จาก % AV = 37.62%

พบว่า ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดนี้มีสาเหตุที่มีจากพนักงานวัดและความผันแปรจากเครื่องมือวัดใกล้เคียงกัน แต่จากการประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ พบว่าเครื่องมือวัดยังคงพร้อมใช้งาน แสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

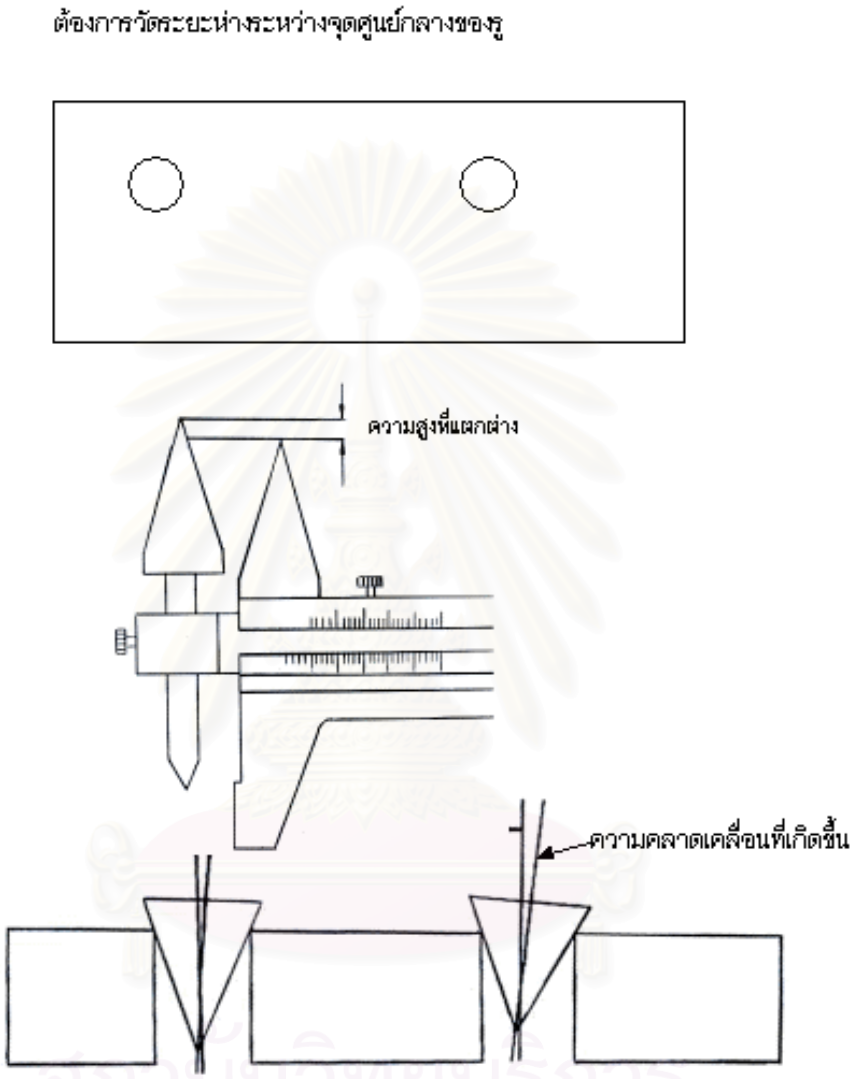
การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

1. ปัญหาที่พบสาเหตุหลักมาจากความผันแปรระหว่างพนักงานซึ่งมีผลทำให้ค่าการวัดของพนักงานแต่ละคนไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องมือวัดมีขนาดใหญ่ต้องอาศัยความชำนาญในการจับยึด
2. ก่อนใช้งานพนักงานไม่ตรวจสอบขนาดของรูจากแบบ(Drawing) ก่อนโดยใช้การประมาณด้วยสายตาทำให้การปรับระยะความสูงของ ส่วนเอียง(Tapper) ที่ใช้วัดไม่ถูกต้อง



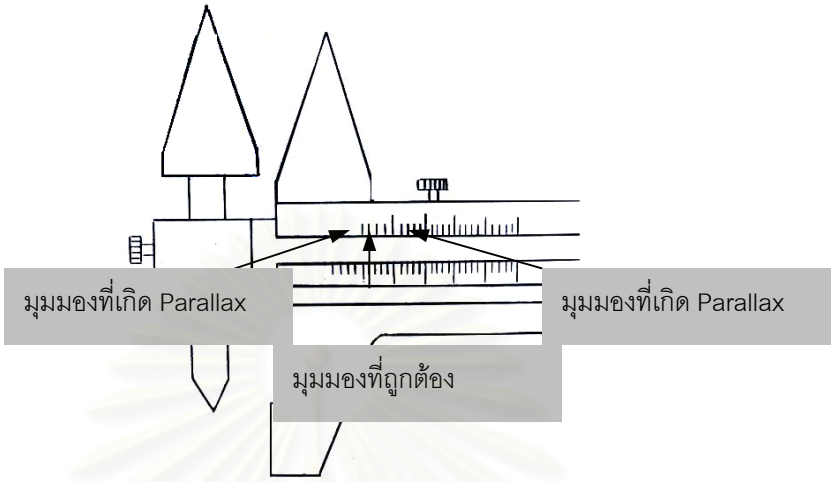
พนักงานไม่ปรับระยะความสูงของส่วนเอียง(Tapper) ให้เหมาะสม(ปกติจะใช้ความสูงเท่ากัน) ซึ่งจะทำให้ ส่วนของส่วนเอียง(Tapper) ลงในรูที่ต้องการวัดได้ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดการเอียงทำให้ค่าที่ได้จากการวัดไม่ตรงค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลาง

3. ในกรณีที่ขนาดของรูที่ต้องการวัดมีขนาดเท่ากันแต่พนักงานไม่ได้ทำการปรับระยะความสูงของส่วนเอียง(Tapper)ให้มีขนาดเท่ากันแล้วจะทำให้ค่าที่ได้จากวัดไม่เท่ากับค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลาง



4. เวอร์เนียร์วัดระยะรูมีค่าความละเอียดในการวัดเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร จำเป็นต้องอ่านค่าจากสเกลซึ่งในการอ่านค่าพนักงานมีการปัดเศษที่แตกต่างกัน
5. ในการอ่านค่าสเกลบางครั้งเกิดปัญหาด้าน การเยื้องสเกล(Pallarax) คือมุมมองที่พนักงานเยื้องกับสเกลทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับค่าจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.4 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของไมโครมิเตอร์

% GR&R = 50.41%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 50.41 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า 30 % ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

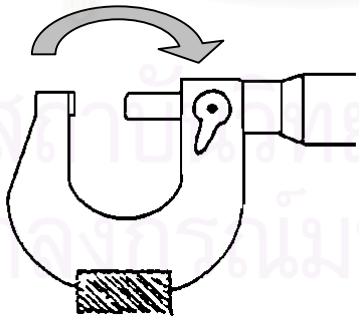
จาก % EV = 34.13 %

จาก % AV = 37.10 %

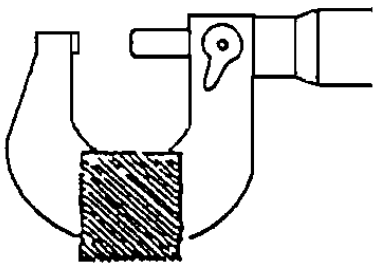
พบว่า ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดมีสาเหตุมาจากพนักงานวัดและเครื่องมือวัดใกล้เคียงกัน แต่จากการประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ พบว่าเครื่องมือวัดยังคงพร้อมใช้งาน แสดงว่า ความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

1. เมื่อเริ่มต้นใช้งานพนักงานบางคนไม่ได้ทำการปรับตั้งค่าเพื่อให้ค่าเริ่มต้นสเกลให้ขีดศูนย์ตรงกับขีดศูนย์ของแกนวัด(Spindle)
2. พนักงานใช้อุปกรณ์ยึดจับไมโครมิเตอร์เพื่อความสะดวกและความถูกต้องในการวัดไม่ถูกต้อง โดยตำแหน่งที่ทำการยึดจับไม่มีความมั่นคงเพียงพอ จะทำให้ไมโครมิเตอร์มีการเคลื่อนที่ในขณะทำการวัดได้



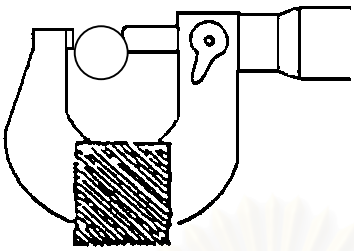
ลักษณะการจับที่ไม่มีความมั่นคง



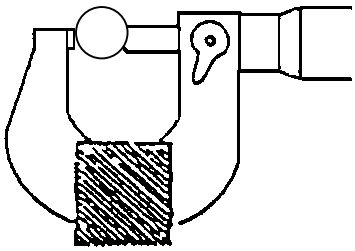
ลักษณะการจับที่พอดีกับเฟรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ในการทำการวัดควรให้หน้าสัมผัสที่ใช้วัดของไมโครมิเตอร์ให้สัมผัสกับชิ้นงานมากที่สุด

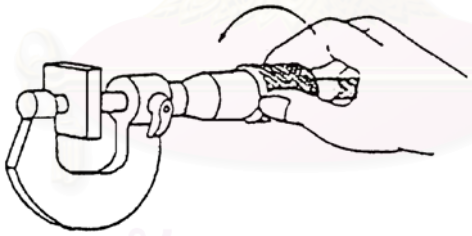


ภาพแสดงวิธีการวัดที่หน้าสัมผัสวัดของไมโครมิเตอร์ไม่สัมผัสชิ้นงานไม่สัมผัสส่วนใหญ่ของชิ้นงาน



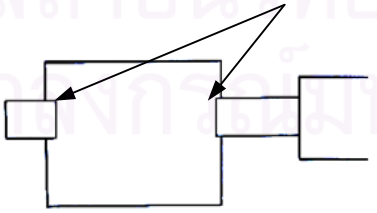
ภาพแสดงวิธีการวัดที่หน้าสัมผัสวัดของไมโครมิเตอร์สัมผัสชิ้นงานมากที่สุด

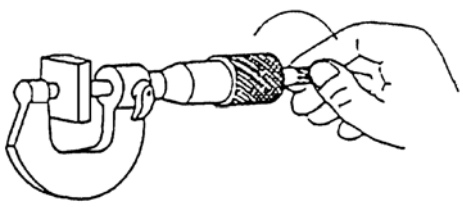
4. พนักงานใช้แรงในการหมุนแกนวัด(Spindle)แรงเกินไปทำให้ไมโครมิเตอร์บีบชิ้นงานแน่นจนทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง ควรใช้แรงในการหมุน แกนวัด(Spindle) พอประมาณเมื่อสัมผัสกับผิวชิ้นงานแล้วจึงใช้ปลอกหมุนกระทบเลื่อน(Ratchet Stop) หมุน 3 จังหวะ



วิธีการวัดที่ผิด
ไม่ใช้เปลอกหมุนกระทบเลื่อน
(Ratchet Stop)

ชิ้นงานถูกไมโครมิเตอร์กดจนขนาดเปลี่ยนแปลง





วิธีการวัดที่ถูกต้อง
ใช้ปลอกหมุนกระทบเลื่อน
(Ratchet Stop)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ในการอ่านสเกลบางครั้งเกิดปัญหาด้าน การเยื้องสเกล(Pallarax) คือมุมมองที่พนักงานเยื้องกับสเกลทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับค่าจริง
6. เนื่องจากการใช้ไมโครมิเตอร์ต้องอ่านค่าจากสเกล โดยที่ความละเอียดของเครื่องมือวัดนี้จะขึ้นอยู่กับการแบ่งสเกลของแกนวัด(Spindle) ดังนั้นค่าที่อ่านบางครั้งเกิดจากการปัดค่าซึ่งทำให้การอ่านค่าของพนักงานแต่ละคนมีความแตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.5 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของไดอัลเกจ

% GR&R = 27.84%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 27.84 มิลลิเมตร มีค่าน้อยกว่า 30 %แต่อยู่ในช่วง 20%-30% ตามมาตรฐานกำหนดให้อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

จาก % EV = 18.71 %

จาก % AV = 20.61 %

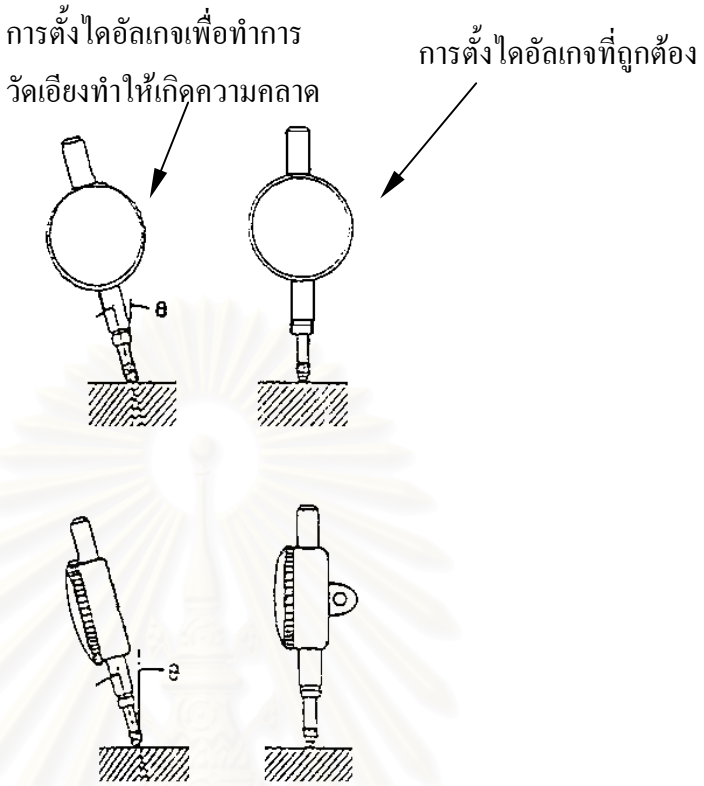
พบว่า ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดมีสาเหตุมาจากพนักงานวัดและเครื่องมือวัดมีใกล้เคียงกัน แต่จากการประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ พบว่าเครื่องมือวัดยังคงพร้อมใช้งาน แสดงว่า ความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

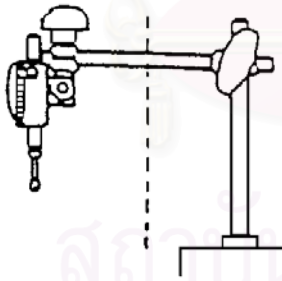
จากการทดลองเป็นวัดค่าความคลอนของชิ้นงาน Slide Recliner ซึ่งในขณะทำการวัดพนักงานจะต้องใช้เครื่องวัดแรงดึง(ซึ่งสามารถใช้วัดแรงกดได้) เพื่อออกแรงดัน Slide ให้เคลื่อนที่ด้วยแรงมาตรฐาน ทำให้พนักงานวัดต้องทำการอ่านค่าจาก 2 เครื่องมือซึ่งจัดเป็นความผันแปรที่เกิดจากพนักงานวัดในการอ่านค่า

1. ก่อนเริ่มใช้ไดอัลเกจไม่สามารถชี้ที่ค่าศูนย์ได้ทุกครั้งเมื่อทดสอบกดเข็มของไดอัลแล้วปล่อยซึ่งเป็นปัญหาด้านความทวนซ้ำได้ของเครื่องมือวัด ควรได้รับการปรับแต่งเครื่องมือใหม่หรือควรได้รับการบำรุงรักษาที่ดี
2. การติดตั้งไดอัลเกจเพื่อทำการวัดชิ้นงานนั้นหัวกดไม่อยู่ในแนวตั้งฉากกับผิวที่ต้องการวัด

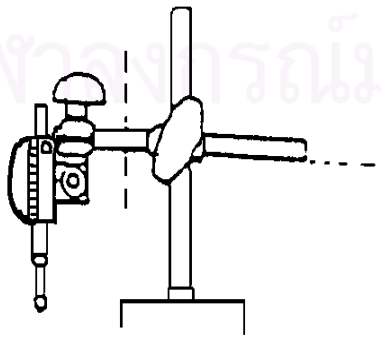
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



3. ระยะของขาตั้งกับไดอัลเกจมีมากเกินไป



การยึดไดอัลเกจกับขาตั้งมีระยะห่างมากเกินไป ทำให้เกิดการโก่งบริเวณจุดที่รับน้ำหนักมากขึ้น และปลายของไดอัลเกจมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายขึ้น

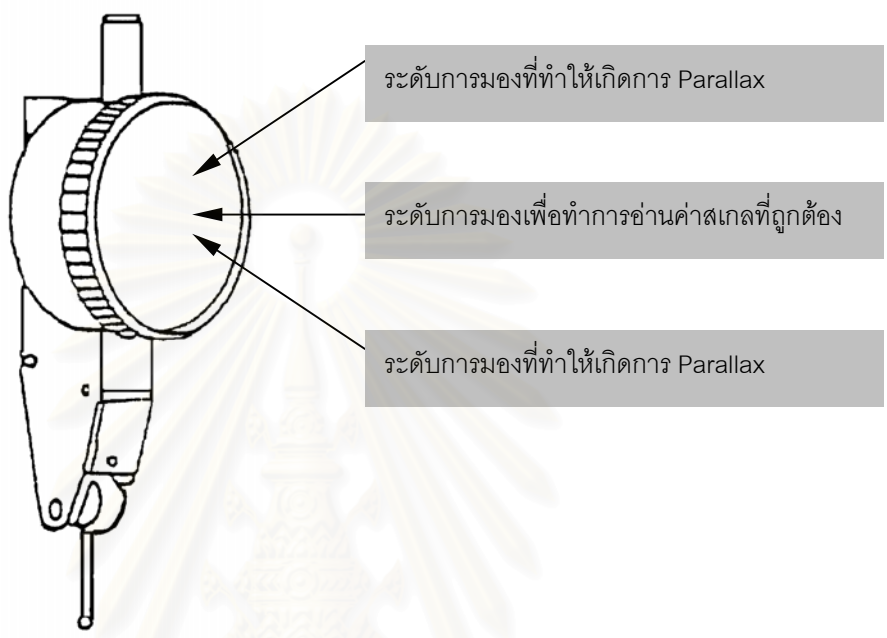


การยึดไดอัลเกจกับขาตั้ง ในระยะห่างที่เหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ในการอ่านสเกลบางครั้งเกิดปัญหาด้าน การเยื้องสเกล(Pallarax) คือมุมมองที่พนักงานเยื้องกับ

สเกลทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับค่าจริง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.6 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ไดอัลเกจวัดความหนา

% GR&R = 20.12 %

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 20.12 มิลลิเมตร มีค่าน้อยกว่า 30 %แต่อยู่ในช่วง20% - 30 % ตามมาตรฐานกำหนดให้อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

จาก % EV = 13.59 %

จาก % AV = 14.83 %

พบว่า ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดนี้มีสาเหตุที่มีจากพนักงานวัดและเครื่องมือวัดใกล้เคียงกัน แต่จากการประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพพบว่าเครื่องมือวัดยังคงพร้อมใช้งาน แสดงว่า ความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

1. พนักงานเซตค่าบนหน้าปัดให้เข็มยาวชี้ที่ 0 ไม่ถูกต้อง
2. เนื่องจากเครื่องมือวัดนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมุมของหัวกดทำให้การอ่านค่าคลาดเคลื่อน

3. พนักงานไม่เข้าใจวิธีการอ่านค่าที่ถูกต้อง
4. ในการอ่านสเกลบางครั้งเกิดปัญหาด้าน การเยื้องสเกล(Pallarax) คือมุมมองที่พนักงานเยื้องกับสเกลทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับค่าจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.7 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibilityเครื่องทดสอบแรงดึง

% GR&R = 94.02 %

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 94.02 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า 30 % ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

จาก % EV = 57.73 %

จาก % AV = 74.21 %

พบว่า ความผันแปรจากพนักงานวัดมีมากกว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดแสดงว่า ความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก จากการสังเกตวิธีการวัดของพนักงาน

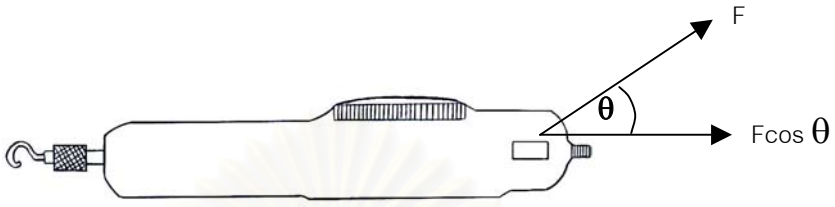
การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

1. เครื่องทดสอบแรงดึงของสปริงจะวัดโดยออกแรงดึงเพื่อสปริงไปตามระยะที่กำหนดแล้วจึงอ่านค่าจากหน้าปัดที่ทำให้เกิดความผิดพลาดจากอ่านค่า 2 จุด
2. ในการออกแรงดึงสปริงแรงและความนิ่งในของพนักงานแต่ละคนแตกต่างกันทำให้เข็มบนหน้าปัดไม่หยุดนิ่งทำให้ค่าวัดเกิดจากการประมาณช่องพนักงานแต่ละคน

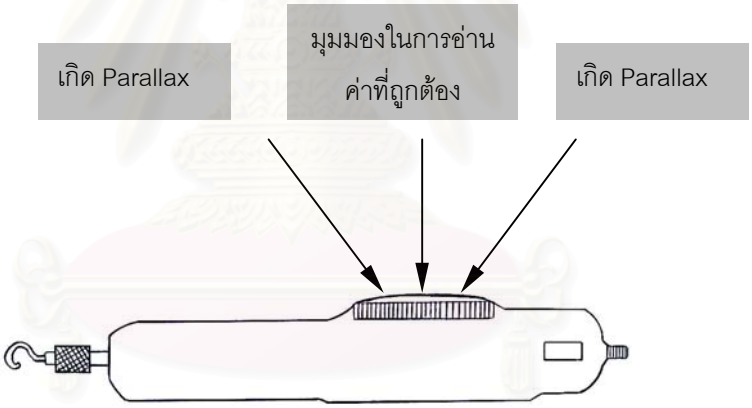
จากภาพส่วนของลูกศรเส้นปะแสดงลักษณะแรงในการดึงหรือดันชิ้นงานของพนักงานไม่คงที่ทำให้เข็มมีการกวัดแกว่งค่าที่อ่านได้จาก Push Pull Scale ไม่แน่นอน และเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ถ้าพนักงานใช้แรงในการวัดคงที่เข็มที่ชี้สเกลจะคงที่ จะเป็นลูกศรเส้นเต็ม

3. แรงที่ได้จากการดึงหรือดันชิ้นงานจะไม่เท่ากับแรงที่ใช้ในแนวระดับคือ พนักงานมีการออกแรงดึงหรือดันไม่อยู่ในแนวระดับทำให้ค่าวัดที่อ่านได้ไม่ถูกต้องและคลาดเคลื่อนจากค่าจริง จากรูปแสดงตัวอย่างการแรงที่อ่านได้ในหน้าปัดของเครื่องวัดแรง

ดึง จะมีค่าทำกลับค่า F ซึ่งแรงที่ถูกต้องควรจะเท่ากับ $F\cos\theta$ เมื่อ θ คือมุมที่เกิดจากการออกแรงทำมุมกับแนวระดับ



4. พนักงานงานบางคนไม่การตั้งค่าเริ่มต้นของเข็มบนหน้าปัดให้ชี้ในที่ขีดศูนย์เสมอ เมื่อทำการวัดชิ้นงานต่อเนื่องจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสะสม
5. ในการอ่านสเกลบางครั้งเกิดปัญหาด้าน การเยื้องสเกล(Pallarax) คือ มุมมองที่พนักงานเยื้องกับสเกลทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับค่าจริง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.8 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของเครื่อง วัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ

% GR&R = 26.72%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 26.72 มิลลิเมตร มีค่าน้อยกว่า 30 %แต่อยู่ในช่วง20 %-30 % ตามมาตรฐานกำหนดให้อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

จาก % EV = 17.29 %

จาก % AV = 20.35 %

พบว่า ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดนี้มีสาเหตุที่มีจากพนักงานวัดและเครื่องมือวัดใกล้เคียงกัน แต่จากการประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ พบว่าเครื่องมือวัดยังคงพร้อมใช้งาน แสดงว่า ความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

เนื่องจากเครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ เป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดสูงมีความสามารถวัดได้ทั้ง 3 แกนในครั้งเดียว และควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้นพนักงานจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในการใช้คอมพิวเตอร์ซอฟแวร์ในระดับเพียงพอที่จะใช้เครื่อง และรวบถึงการควบคุมปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่าง เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศเนื่องจากเครื่องมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะแวดล้อมสูง จากขั้นตอนการทำงานสามารถวิเคราะห์สาเหตุความผันแปรในระบบการวัดได้ดังนี้

1. กรรมวิธีในยึดจับชิ้นงานแต่ละคนมีความแตกต่างกันทำให้การวัดมีความคลาดเคลื่อนของแต่ละคน
2. ก่อนเริ่มใช้งานต้องมีการสอบเทียบหัววัด(Probe) โดยพนักงานมีความชำนาญในการสอบเทียบแตกต่างกัน โดยที่ในการสอบเทียบต้องพยายามทำให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าเท่ากับ2.00 มิลลิเมตรมากที่สุด

ตัวอย่างการคำนวณความคลาดเคลื่อน

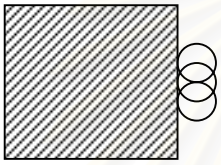
ทำการสอบเทียบได้ค่าเท่ากับ 1.99 มิลลิเมตร จะมีความเคลื่อนในการวัดจากการสอบเทียบเท่ากับ

$$\frac{2.00-1.99}{2} = 0.005 \text{ มิลลิเมตร}$$

โดยที่ค่าที่จากการสอบเทียบเป็นค่าความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของหัววัด(Probe) แต่ในการคำนวณค่าวัดเครื่องจะทำการคำนวณค่าจากจุดศูนย์กลางของหัววัด(Probe) จึงต้องมีการหาร 2

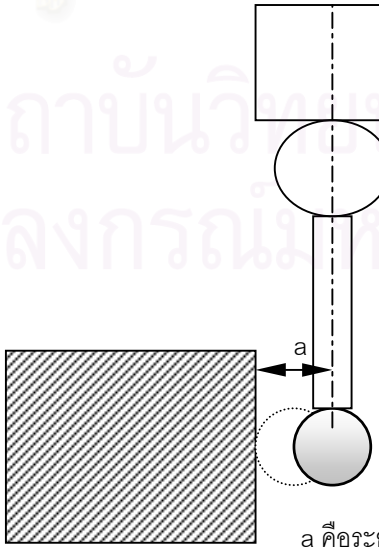
3. ตำแหน่งที่ทำการวัดชิ้นงานในแต่ละครั้งไม่คงที่เนื่องจากพื้นที่สัมผัสของวัด(Probe)มีน้อย

ความทำการล็อกตำแหน่งความสูงของแกน เพื่อไม่ให้หัววัด(Probe) มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง จะทำให้การวัดซ้ำในแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น



4. กรรมวิธีในการวัดค่ามีการกำหนดจุดอ้างอิงได้หลายวิธี ทั้งนี้ควรกำหนดจุดอ้างอิงที่ให้ค่าถูกต้องมากที่สุดและจัดทำเป็นมาตรฐานเพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนสะสม

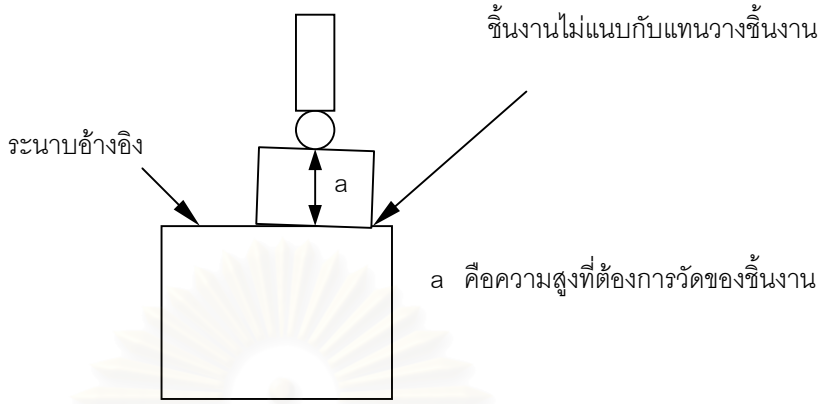
5. ความแรงที่ใช้ในการเลื่อนวัด(Probe) แตะกับชิ้นงานไม่เท่ากันทำให้ค่าวัดมีความแตกต่างกันจำเป็นต้องใช้แรงในการนำทรงกลมไปสัมผัสกับชิ้นงานให้น้อยที่สุด



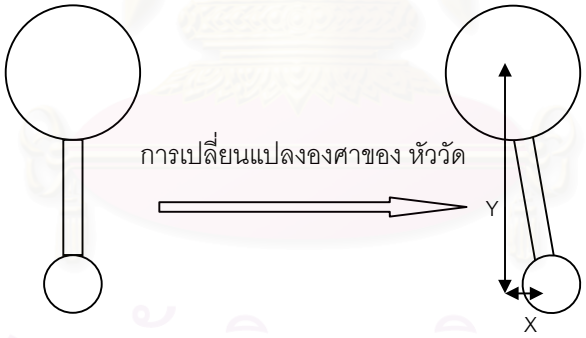
a คือระยะที่หัววัด(Probe) มีการเคลื่อนที่ออกจากจุดสัมผัส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. การวางชิ้นงานบนแท่นวางแม่เหล็กไม่แนบกับแท่นวางแม่เหล็กที่ใช้เป็นระนาบอ้างอิง ทำให้ค่าที่ได้จากการวัดไม่ถูกต้อง



7. ในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงเพื่อใช้ในการวัดชิ้นงานพนักงานแต่ละคนกำหนดลักษณะตำแหน่งอ้างอิงแตกต่างกัน เช่น การกำหนดแบบจุดอ้างอิง แบบเส้นตรง แบบระนาบ เป็นต้น ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดค่า
8. เมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งของวัด(Probe) บางครั้งพนักงานมิได้ตั้งตำแหน่งวัด(Probe) กับทรงกลม(Sphear) ก่อนทำให้การอ่านค่าไม่ถูกต้อง



x , y คือระยะที่ต้องมีการเซ็ตค่าให้กลับเครื่องทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งของหัววัด(Probe)

9. ความสามารถในการวัดของพนักงานแต่ละคนมีความแตกต่างกันเนื่องจากขาดการฝึกอบรมทำให้ในกรณีที่ชิ้นงานมีความซับซ้อนพนักงานกำหนดจุดอ้างอิงเพื่อทำการวัดชิ้นงานไม่เหมาะสมและทำให้ค่าวัดที่ได้ไม่ถูกต้อง
10. พนักงานไม่ได้ควบคุมอุณภูมิและความชื้นให้เหมาะสมกับการใช้งานซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการทำงานของเครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ

6.1.9 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของไดอัลเกจวัดความสูงเฟืองล็อก

% GR&R = 41.03 %

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 41.03 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า 30 % ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

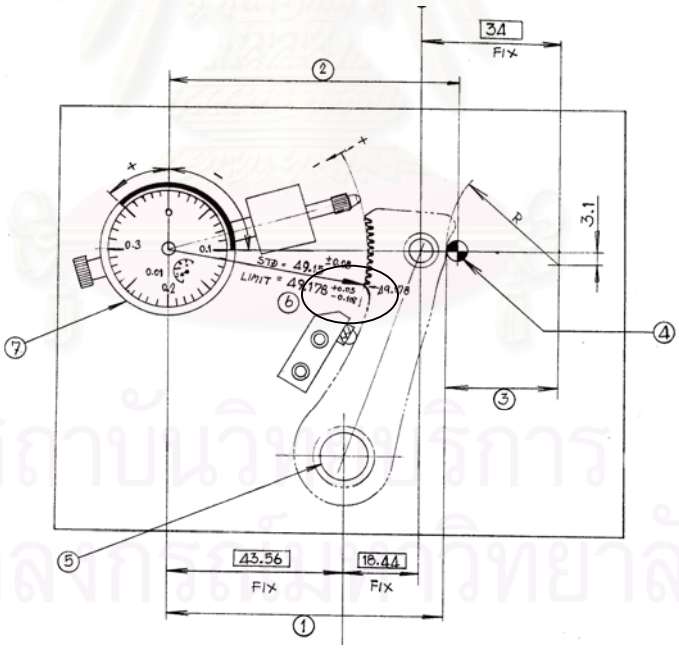
จาก % EV = 26.35 %

จาก % AV = 31.45 %

พบว่า ความผันแปรจากพนักงานวัดมีมากกว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดแสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

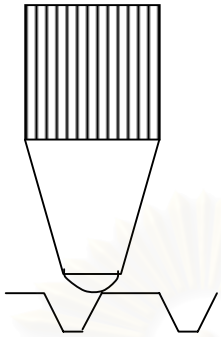
การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

1. ในการกำหนดค่าเริ่มต้นปรับตั้งค่าชิ้นงานมาสเตอร์โดยเซตค่าเท่ากับศูนย์ซึ่งพนักงานตั้งค่าไม่ถูกต้อง



ตำแหน่งที่ใช้การในการตั้งค่า 0 ของไดอัลเกจคือ ตำแหน่งที่มี Mark เท่านั้น แต่พนักงานอาจใช้ตำแหน่งบริเวณใกล้เคียง ซึ่งไม่เท่ากับค่าที่กำหนดไว้ ทำให้ค่าที่ได้จากการวัดคลาดเคลื่อนเนื่องจากการตั้งค่าเริ่มต้นที่ไม่ถูกต้อง

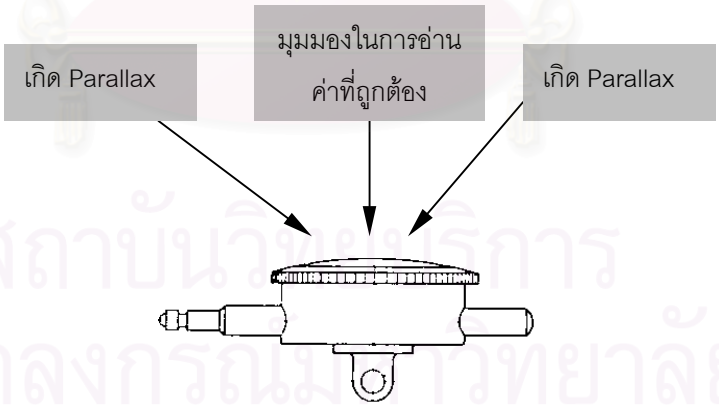
2. พนักงานอ่านค่าไม่ถูกวิธีการอ่านค่าจะอ่านเมื่อเข็มบนหน้าปัดชี้สูงสุดซึ่งเป็นความสูงของฟันเฟือง และในกรณีนี้อาจเกิดขึ้นตั้งแต่ในขณะทำการตั้งค่าเริ่มต้นของไดอัลเกจ



หัวกดไม่ได้สัมผัสกับส่วนของสันของฟันเฟืองซึ่งทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีค่าน้อยกว่าค่าจริงของชิ้นงาน

3. ในการวัดพนักงานไม่ได้ตั้งค่ากับชิ้นงานมาตรฐานเมื่อทำการวัดชิ้นงานไปหลายชิ้นเพื่อปรับตั้งค่าใหม่ กรณีนี้จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสะสมในการวัดชิ้นงานชิ้นถัดไป

4. อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่แน่หรือชำรุดและปัดตัวเลขที่อ่านได้
5. ความสามารถในการอ่านค่าจากสเกลหน้าปัดแตกต่างกันโดยขาดมาตรฐานการวัดแนบเดียวกัน
6. ในการอ่านค่าสเกลบางครั้งเกิดปัญหาด้าน การเยื้องสเกล(Pallarax) คือมุมมองที่พนักงานเยื้องกับสเกลทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับค่าจริง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.10 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของไดอัลเกจวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

% GR&R = 28.40%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้วจะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 28.40 มิลลิเมตร มีค่าน้อยกว่า 30 %แต่อยู่ในช่วง20 %-30 % ตามมาตรฐานกำหนดให้อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

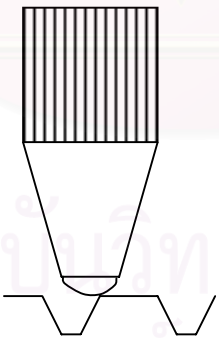
จาก % EV = 15.93 %

จาก % AV = 23.51 %

พบว่า ความผันแปรจากพนักงานวัดมีมากกว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดแสดงว่า ความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

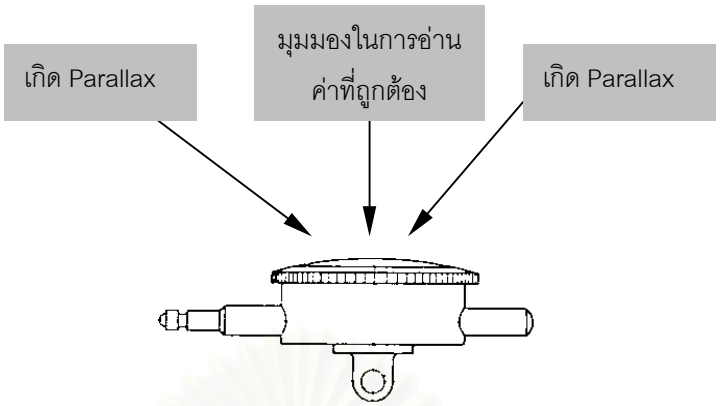
1. ในการกำหนดค่าเริ่มต้นปรับตั้งค่าชิ้นงานมาสเตอร์โดยเซตค่าเท่ากับศูนย์ซึ่งพนักงานตั้งค่าไม่ถูกต้อง
2. พนักงานอ่านค่าไม่ถูกวิธีการอ่านค่าจะอ่านเมื่อเข็มบนหน้าปัดชี้สูงสุดซึ่งเป็นความสูงของฟันเฟือง



หัวกดไม่ได้สัมผัสกับส่วนของสันของฟันเฟืองซึ่งทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีค่าน้อยกว่าค่าจริงของชิ้นงาน

3. ในการวัดพนักงานไม่เซ็ตค่ากับชิ้นงานมาตรฐานเมื่อทำการวัดชิ้นงานไปหลายชิ้นเพื่อปรับตั้งค่าใหม่
4. อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่แน่หรือชำรุดและปัดตัวเลขที่อ่านได้
5. ความสามารถในการอ่านค่าจากสเกลหน้าปัดแตกต่างกันโดยขาดมาตรฐานการวัดแนบเดียวกัน
6. ในการอ่านค่าสเกลบางครั้งเกิดปัญหาด้าน การเยื้องสเกล(Pallarax) คือมุมมองที่พนักงานเยื้องกับสเกลทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับค่าจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.11 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของเครื่องทดสอบความแข็งยาง

% GR&R = 90.21%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 90.21 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า 30 % ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

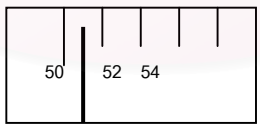
จาก % EV = 78.01 %

จาก % AV = 45.29 %

พบว่า ความผันแปรจากเครื่องมือวัดมีมากกว่าความผันแปรจากพนักงานวัดแต่จากการประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดพบว่า เครื่องมือวัดยังคงมีความสามารถในการใช้งานอยู่ ดังนั้นผลของค่า %EV จึงเป็นปัญหาเนื่องจากการวัดซ้ำ(ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องมือที่ไม่อาจวัดได้ซ้ำในตำแหน่งเดิมของชิ้นงาน) แสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก

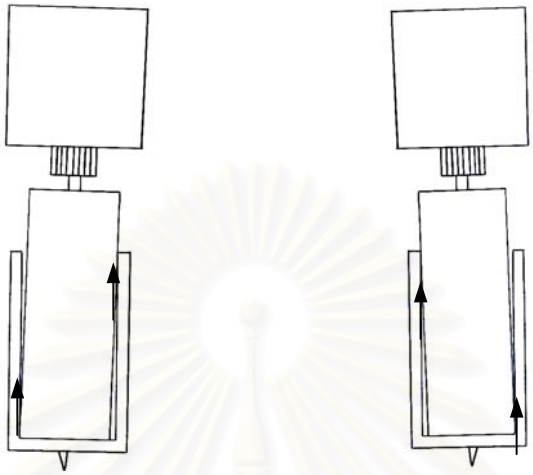
การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

1. เนื่องจากการอ่านค่าจากสเกลซึ่งมีความละเอียด 2 deg ซึ่งพนักงานแต่ละคนปัดค่าต่างกัน จากรูปพนักงานอ่านได้เป็น 50 deg หรือ 52 deg



2. ในการวัดความแข็งของยางจะวางชิ้นงานลงบน อุปกรณ์ วางเครื่องวัดแล้วจับเวลา 10 วินาทีซึ่งมีความคลาดเคลื่อนทั้งจากการอ่านค่าจากสเกลและการเวลาที่ทำการอ่านค่า (ซึ่งพนักงานควรใช้เวลาอ่านน้อยที่สุด)
3. เนื่องจากตำแหน่งของการวัดไม่สามารถใช้ตำแหน่งเดิมได้เนื่องจากค่าความแข็งที่ได้ไม่ถูกต้องจำเป็นต้องเปลี่ยนตำแหน่งในการวัดซึ่งค่าบริเวณอื่นอาจไม่เท่ากันเนื่องจากชิ้นงานวัดได้
4. อุปกรณ์วางเครื่องวัดมีขนาดไม่เหมาะสมและขาดตัวนำร่องเพื่อให้เข็มของเครื่องมือวัดกดลงกับชิ้นงานวัดในแนวตั้งฉากและเมื่อเครื่องมือวัดติดกับผนังของอุปกรณ์วางเครื่องวัดมากเกินไปจะทำให้เข็มของเครื่องมือวัดกดลงบนชิ้นงานไม่เพียงพอมีผลต่อ

ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง (สาเหตุมาจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นบนตำแหน่งที่เครื่องมือวัดสัมผัสกับอุปกรณ์วาง)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.12 วิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของเครื่องทดสอบความแข็ง

% GR&R =80.42%

หมายความว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องจากระบบการวัด 80.42 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า 30 % ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

วิเคราะห์สาเหตุ

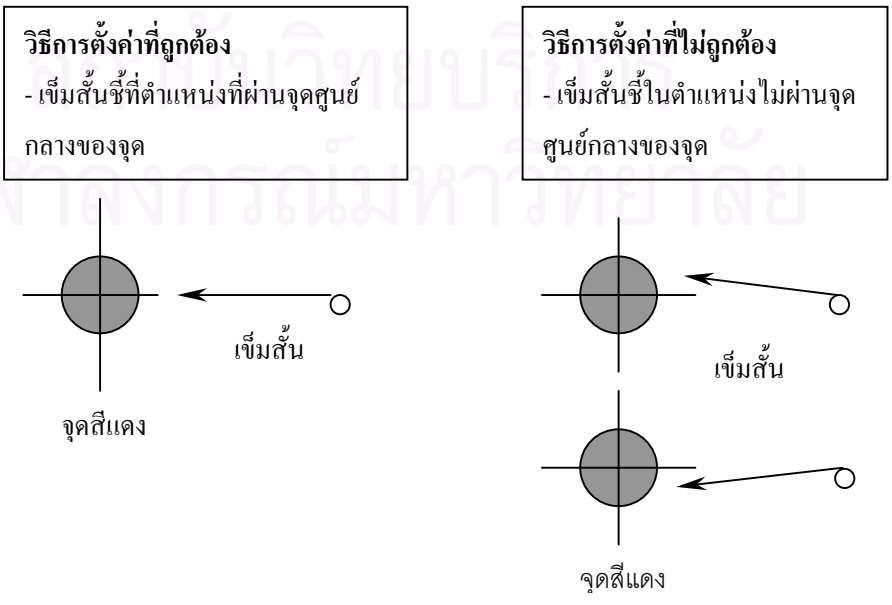
จาก % EV = 57.54 %

จาก % AV = 56.19%

พบว่า ความผันแปรจากเครื่องมือวัดและความผันแปรจากพนักงานวัดมีค่าใกล้เคียงกัน ผลดังกล่าวมีสาเหตุเนื่องจากชิ้นงานมีค่าความแข็งไม่เท่ากันตลอดชิ้นงานทำให้ในการวัดซ้ำได้ค่าวัดที่ไม่เท่ากันได้ รวมถึงความสามารถในการวัดค่าความแข็งของพนักงานแต่ละคนมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการของพนักงานวัดเป็นหลัก

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

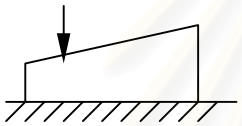
1. ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการตั้งค่าเริ่มต้นในเมื่อหัวกดสัมผัสกับผิวชิ้นงาน ความผิดพลาดเกิดได้สองจุด คือ
   - ในการหมุนแท่นวางชิ้นงานขึ้นจะหยุดเมื่อเข็มสั้นบนหน้าปัดชี้ไปที่จุดสีแดง ซึ่งพนักงานแต่ละคนจะอ่านค่าได้แตกต่างกัน



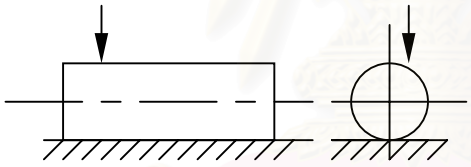
- เมื่อเข็มสั้นที่ตำแหน่งจุดสีแดงแล้วพนักงานจะทำการตั้งค่า 0 ของสเกลหลัก โดยใช้การปรับเลื่อนอุปกรณ์ปรับด้านล่างแท่นวางชิ้นงาน พนักงานที่ตั้งค่าคลาดเคลื่อนจากค่า 0 แล้วจะทำให้ค่าความแข็งที่ค่าได้ไม่ถูกต้อง

2. เนื่องจากชิ้นงานที่นำมาใช้งานมีความแข็งไม่เท่ากันตลอดชิ้นงานและพนักงานไม่เข้าใจตำแหน่งที่ต้องการความแข็งเพื่อนำไปใช้งานจริง ทำให้ตำแหน่งในการวัดผิด
3. ในการวัดชิ้นงานจำเป็นต้องมีการเลือกใช้แท่นวางชิ้นงานที่เหมาะสมซึ่งพนักงานยังเลือกใช้ไม่ถูกต้อง ทำให้หัวกดกดชิ้นงานในแนวตั้งฉากกว่าผิวชิ้นงาน

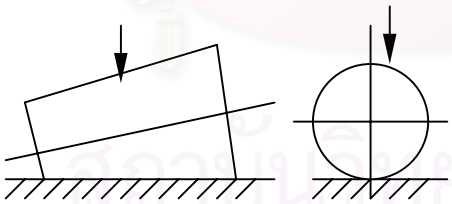
ลักษณะการวางชิ้นงานที่ผิวชิ้นงานไม่ตั้งฉากกับหัวกด



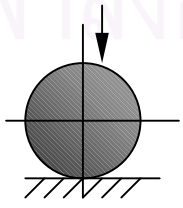
ผิวชิ้นงานไม่ได้ระดับ



รูปทรงกระบอกเยื้องศูนย์



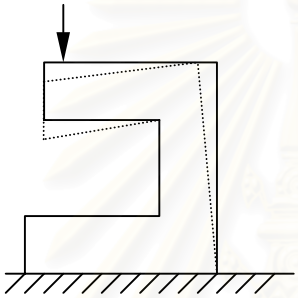
รูปทรงเรียวแนวศูนย์ทำมุมเอียงกับที่รอง



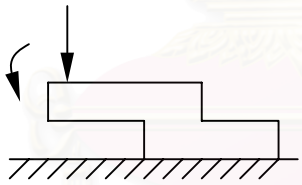
ผิวงานโค้งทุกส่วนต้องให้แรงกดผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ในการวางชิ้นงานควรตรวจผิวที่สัมผัสกับแท่นวางชิ้นงานของเครื่องวัดความแข็งเพื่อให้ชิ้นงานแนบสนิทกับแท่นวางชิ้นงานของเครื่องทดสอบความแข็ง เนื่องจากเมื่อชิ้นงานไม่แนบสนิทกับแท่นวางชิ้นงานแล้วจะทำให้เมื่อกดชิ้นงานด้วยหัวกดจะทำให้เมื่อกดชิ้นงานด้วยหัวกดจะทำให้กดชิ้นงานไม่ลึกเท่าที่ควรทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดพลาด
5. เกิดความผิดพลาดจากผิวที่ต้องการวัดค่าความแข็งไม่ตั้งฉากกับแรงกดซึ่งประกอบไปด้วย ผิวชิ้นงานมีพื้นผิวที่เอียง ผิวที่เป็นทรงกลมและทรงกระบอกซึ่งจะทำให้แรงที่กดลงอยู่ในแนวเยื้องศูนย์ได้ และนำไปสู่ค่าความแข็งที่วัดไม่ถูกต้อง
6. ชิ้นงานที่มีการเสียรูปจากแรงกดจะทำให้ทำให้ค่าการวัดผิดพลาดซึ่งพนักงานควรที่จะใช้แท่นรองเพื่อความถูกต้อง



ชิ้นงานทดสอบมีการเสียรูปจากการกด



ชิ้นงานทดสอบพลิกเอียง

7. ควรตรวจสอบผิวชิ้นงานบริเวณที่จะทำการวัดความแข็งว่าไม่มีสิ่งปลอมปน เช่น เศษโลหะ ครีบ หรือ สแล็คจากการอบชุบ และเพื่อให้หัวกดลงบนผิวชิ้นงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับนี้ จะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับและปฏิเสธ หรือ ผ่านและไม่ผ่านจึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบได้นั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร ดังนั้นวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประเมิน ความสอดคล้อง (Consistency) และความสม่ำเสมอ(Uniformity) ของการวัดด้วยตาหรืออาศัยความรู้สึกของพนักงานวัด รวมทั้งเพื่อนำผลไปใช้วัดความสม่ำเสมอระหว่างพนักงาน ตลอดจนการขจัดความไม่สอดคล้อง (Inconsistency) ที่เกิด ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการการประเมินในระยะสั้นซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับในระยะสั้น

ในการประเมินผลกระบวนการวัดหรือกระบวนการตรวจสอบในระยะสั้น จะมีกระบวนวิธีในการประเมินดังนี้

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น โดยพยายามให้สิ่งตัวอย่างงานดังกล่าวประกอบด้วย สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี สิ่งตัวอย่างงานทีมีคุณภาพไม่ดีและสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่ง (Marginal) ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน
2. ทำการเลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบงานมา 2 – 4 คน โดยพนักงานที่เลือกมาจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดีและผ่านการสอบประเมินผลแล้ว(โดยเฉพาะการตรวจสอบที่อาศัยความรู้สึก เช่น กลิ่น รสชาติ สิ ฯลฯ)
3. ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างงาน อย่างสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพงานว่า “ผ่าน” หรือ “ไม่ผ่าน” พร้อมบันทึกลงในตารางทดสอบและในการประเมินผลของพนักงานแต่ละคนนี้มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบ “ซ้ำ”อย่างน้อยชิ้นงานละ 2-3 ครั้ง
4. ทำการเลือกพนักงานคนที่สองขึ้นมาแล้วดำเนินการตรวจสอบอย่างสุ่มเหมือนข้อ 3.
5. ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่าง ๆ ดังนี้

$$\%\text{ ความทวนซ้ำได้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (1)$$

$$\%\text{ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2)$$

%ประสิทธิภาพผลด้าน ความทวนซ้ำได้ ของการตรวจสอบ

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (3)$$

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านเอนเอียงของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (4)$$

6. ดำเนินการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขจากดัชนีที่คำนวณได้จากดัชนีตามสมการ (1) ถึง (4) โดยที่ว่า ถ้า% ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานตรวจสอบ (%appraiser score) มีคะแนนต่ำกว่า 100 % แล้ว มีความจำเป็นต้องทำการอบรมพนักงานรวมทั้งมีการประเมินผลพนักงานใหม่เพื่อปรับปรุง ความทวนซ้ำได้ ให้ดีขึ้น แต่ถ้าหาก % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score) มีค่าต่ำกว่า 100 % แล้วจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบเสียใหม่ หรือมิฉะนั้นก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ

สำหรับ % ประสิทธิผลด้าน ความทวนซ้ำได้ ของการตรวจสอบ (% screen effective score) และ ประสิทธิผลด้านเอนเอียงของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score) มีค่าต่ำกว่า 100 % แล้วก็มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้น แล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้อง เพื่อให้ดัชนีทั้งสองมีค่า 100 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความแม่นยำของ Rivet Checking Fixture

จากผลการประเมินในตารางที่ 6.5 สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการวัดชิ้นงานได้ถูกต้องดังนี้

% ความทวนซ้ำได้

เมื่อทำการประเมิน %ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบ Rivet Checking Fixture โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันของพนักงานแต่ละคน(โดยไม่สนใจผลความถูกต้องของการตรวจสอบ) ได้ผลว่าพนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\% \text{ ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานคนที่ 3} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

จากผลการทดสอบพนักงานทั้ง 3 คน มีค่า % ความทวนซ้ำได้ = 100 % แสดงว่าความสามารถในการตรวจสอบซ้ำของพนักงานแต่ละคนดีมาก

% ความไม่เอนเอียง

เมื่อทำการประเมิน % ความไม่เอนเอียง ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบ Rivet Checking Fixture โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและความถูกต้องตามคุณภาพแท้จริง ได้ผลของ พนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียง ของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียง ของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียง ของพนักงานคนที่ 3} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

จากผลการทดสอบพนักงานทั้ง 3 คน มีค่า % ความไม่เอนเอียง = 100% แสดงว่าความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องดีมาก

% ประสิทธิผล

เมื่อทำการประเมินประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบโดยรวม ทั้ง % ประสิทธิผลด้านความทวนซ้ำได้ ของระบบการตรวจสอบ และ % ประสิทธิผลด้านเอนเอียงของการตรวจสอบ โดยพิจารณาถึงการตรวจสอบพนักงานทุกคนตรวจได้ซ้ำและเหมือนกัน(โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องกับคุณภาพแท้จริง) และการพิจารณาว่า ที่ตรวจสอบได้ซ้ำเหมือนกันนั้นตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างงานหรือไม่ ได้ผลดังนี้

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้าน ความทวนซ้ำได้} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้าน เอนเอียง} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

สรุป

ระบบการสอบตรวจสอบชิ้นส่วน Rivet โดยใช้ Checking Fixture มีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับชิ้นส่วนที่ไม่ได้คุณภาพเข้าสู่สายการผลิต แต่ทั้งนี้จำเป็นต้องทำการรักษาความสามารถดังกล่าวไว้ ถึงแม้ว่าเวลาจะผ่านไปหรือมีการเปลี่ยนพนักงานตรวจสอบใหม่ โดยทำการตรวจประเมินประสิทธิภาพในการตรวจสอบและทำการประเมินผลการตรวจสอบอยู่เสมอตามระยะเวลา และทำการจัดทำคู่มือวิธีการใช้งานของเครื่องมือตรวจสอบดังกล่าว และตรวจสอบขนาดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินค่า Gage Repreatability and Reproductability ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือวัด RIVET C/F	ฝ่าย นำเข้า	วันที่ทำการทดลอง
เลขโค้ด T-088W-052	แผนก ประกันคุณภาพ	เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ตารางที่ 6.4 ผลการทดลองคุณภาพงานในระยะสั้นของ RIVET C/F ก่อนการปรับปรุง

สิ่งตัวอย่าง	คุณภาพของชิ้นงาน	พนักงานตรวจสอบ		พนักงานตรวจสอบ		พนักงานตรวจสอบ	
		คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 3	
		1	2	1	2	1	2
1	G	G	G	G	G	G	G
2	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	G	G
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
6	G	G	G	G	G	G	G
7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
9	G	G	G	G	G	G	G
10	G	G	G	G	G	G	G
11	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
12	G	G	G	G	G	G	G
13	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	G	G	G	G	G	G	G
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
20	G	G	G	G	G	G	G

ตารางที่ 6.5 การประเมินผลประสิทธิผล (effectiveness) ของระบบการตรวจสอบ RIVET ก่อนการปรับปรุง

สิ่งตัวอย่างงาน	คุณภาพแท้จริง	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกครั้งทุกคน
1	G	YES	YES
2	G	YES	YES
3	G	YES	YES
4	NG	YES	YES
5	NG	YES	YES
6	G	YES	YES
7	NG	YES	YES
8	NG	YES	YES
9	G	YES	YES
10	G	YES	YES
11	NG	YES	YES
12	G	YES	YES
13	NG	YES	YES
14	NG	YES	YES
15	NG	YES	YES
16	G	YES	YES
17	NG	YES	YES
18	NG	YES	YES
19	NG	YES	YES
20	G	YES	YES

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความแม่นยำของ Support Cable Checking Fixture

จากผลการประเมินในตารางที่ 6.7 สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการวัดชิ้นงานได้ถูกต้องดังนี้

% ความทวนซ้ำได้

เมื่อทำการประเมิน % ความทวนซ้ำได้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบ Support Cable Checking Fixture โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันของพนักงานแต่ละคน(โดยไม่สนใจผลความถูกต้องของการตรวจสอบ) ได้ผลว่าพนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\%\text{ ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานคนที่ 1} = \frac{17}{20} \times 100\ \% = 80\%$$

$$\%\text{ ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

$$\%\text{ ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานคนที่ 3} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

% ความไม่เอนเอียง

เมื่อทำการประเมิน % ความไม่เอนเอียง ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบ Support Cable Checking Fixture โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและความถูกต้องตามคุณภาพแท้จริง ได้ผลคือ พนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\%\text{ ความไม่เอนเอียง ของพนักงานคนที่ 1} = \frac{17}{20} \times 100\ \% = 80\%$$

$$\%\text{ ความไม่เอนเอียง ของพนักงานคนที่ 2} = \frac{19}{20} \times 100\ \% = 95\%$$

$$\%\text{ ความไม่เอนเอียง ของพนักงานคนที่ 3} = \frac{19}{20} \times 100\ \% = 95\%$$

% ประสิทธิผล

เมื่อทำการประเมินประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบโดยรวม ทั้ง % ประสิทธิผลด้านความทวนซ้ำได้ ของระบบการตรวจสอบและ % ประสิทธิผลด้านเอนเอียงของการตรวจสอบโดยพิจารณาถึงการตรวจสอบพนักงานทุกคนตรวจได้ซ้ำและเหมือนกัน(โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องกับคุณภาพแท้จริง) และการพิจารณาว่า ที่ตรวจสอบได้ซ้ำเหมือนกันนั้นตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างงานหรือไม่ ได้ผลดังนี้

% ประสิทธิผลด้าน ความทวนซ้ำได้ = $\frac{18}{20}$ x 100 % = 90%

% ประสิทธิผลด้าน เอนเอียง = $\frac{18}{20}$ x 100 % = 80%

สรุป

จากการเปรียบเทียบ % ความทวนซ้ำได้ และ %ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนพบว่าพนักงานคนที่ 2 และ 3 มีการตรวจสอบที่มี ความทวนซ้ำได้ ดีมากคือมีค่าเท่ากับ 100 % ในขณะที่ %ความไม่เอนเอียง ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สามารถยอมรับ แสดงว่าพนักงานคนที่ 2 และพนักงานคนที่ 3 มีความสามารถในการวัดซ้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่ขาดความเข้าใจในวิธีการตรวจสอบที่ถูกต้อง แต่พนักงานวัดคนที่ 1 มีการตรวจสอบที่มี ความทวนซ้ำได้ ต่ำกว่าพนักงานคนที่ 2 และ 3 และพนักงานทั้ง 3 คนมีปัญหากับการตรวจสอบงานที่มีลักษณะก้ำกึ่ง(ทั้งนี้จากผลการบันทึกคุณลักษณะด้านคุณภาพของชิ้นงานที่ทำการทดลอง) แสดงว่าพนักงานคนที่ 1ไม่ความเข้าใจวิธีการตรวจสอบที่ถูกต้องและขาดความสามารถด้านการตรวจสอบซ้ำ จึงจำเป็นต้องมีการจัดฝึกอบรมวิธีการตรวจสอบใหม่เพื่อให้เข้าใจวิธีการตรวจสอบชิ้นงานที่ถูกต้องเหมือนกันทุกคนตลอดจนต้องมีการตรวจสอบและทำการประเมินใหม่

ผลจากดัชนีแสดงประสิทธิผลของการตรวจสอบที่ได้ข้างต้น แสดงว่าระบบการตรวจสอบนี้มีปัญหาเร่งด่วนที่ต้องทำการแก้ไขก่อนคือ ปัญหาด้านความถูกต้องในการตรวจสอบที่จะก่อให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบคือ ค่าเอนเอียง ซึ่งหมายถึงความเข้าใจวิธีการตรวจสอบเพื่อตัดสินชิ้นงานได้ถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานดังกล่าว และเมื่อพนักงานได้ตรวจสอบอย่างถูกต้องแล้วก็มีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มความสามารถในการตรวจได้ซ้ำหรือ ความทวนซ้ำได้สำหรับการตรวจสอบของพนักงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินค่า Gage Repreatability and Reproductability ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือวัด	Support Cable C/F	ฝ่าย	นำเข้า	วันที่ทำการทดลอง
เลขโค้ด	NMF -1/20153	แผนก	ประกันคุณภาพ	เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ตารางที่ 6.6 ผลการทดลองคุณภาพงานในระยะสั้นของ Bracket Support Cable C/F ก่อนการปรับปรุง

สิ่งตัวอย่าง	คุณภาพของชิ้นงาน	พนักงานตรวจสอบ		พนักงานตรวจสอบ		พนักงานตรวจสอบ	
		คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 3	
		1	2	1	2	1	2
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
4	G	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	G	G	NG	G	G	G	G
6	NG	G	NG	G	G	G	G
7	G	G	G	G	G	G	G
8	G	G	G	G	G	G	G
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	G	G	G	G	G	G	G
11	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
12	G	G	G	G	G	G	G
13	G	G	G	G	G	G	G
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	G	G	G	G	G	G	G
16	G	G	G	G	G	G	G
17	G	G	G	G	G	G	G
18	G	G	G	G	G	G	G
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
20	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

ตารางที่ 6.7 การประเมินผลประสิทธิผล (effectiveness) ของระบบการตรวจสอบ Bracket Support Cable C/F ก่อนการปรับปรุง

สิ่งตัวอย่างงาน	คุณภาพแท้จริง	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกครั้งทุกคน
1	NG	YES	YES
2	NG	YES	YES
3	NG	YES	YES
4	G	YES	NO
5	G	NO	NO
6	NG	NO	NO
7	G	YES	YES
8	G	YES	YES
9	NG	YES	YES
10	G	YES	YES
11	NG	YES	YES
12	G	YES	YES
13	G	YES	YES
14	NG	YES	YES
15	G	YES	YES
16	G	YES	YES
17	G	YES	YES
18	G	YES	YES
19	NG	YES	YES
20	NG	YES	YES

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากขั้นตอนการคำนวณและการวิเคราะห์ทั้งกรณีที่เครื่องมือวัดมีค่าความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับและเครื่องมือวัดที่ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขมีลักษณะเช่นเดียวกับของเครื่องมือที่ได้แสดง จึงได้สรุปผลการประเมินและการวิเคราะห์สาเหตุข้อบกพร่อกของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับทั้งหมดในตารางที่ 6.8 และ 6.9

ตารางที่ 6.8 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	%ความทวนซ้ำได้			%ความไม่เอนเอียง			%ประสิทธิผล	
		พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3	พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3	ความทวนซ้ำได้	เอนเอียง
1.	Rivet C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2.	Bracket Support Cable C/F	80%	100%	100%	80%	95%	95%	90%	80%
3.	Recliner Bracket C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4.	Lock Plate “E” C/F	95%	90%	85%	95%	90%	85%	80%	80%
5.	Front Bracket Outer C/F	100%	90%	95%	100%	90%	95%	85%	85%
6.	Support Bracket “E” C/F	95%	95%	85%	95%	95%	85%	80%	80%
7.	Front Braket “E” C/F	90%	95%	90%	85%	95%	90%	85%	85%
8.	Rear Bracket Inner C/F	95%	100%	100%	95%	100%	95%	95%	95%
9.	Lever Slide C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
10.	Plate Knuckle C/F	95%	100%	100%	95%	95%	100%	95%	95%

ตารางที่ 6.9 สรุปปัญหาของระบบการตรวจสอบชิ้นงานด้วย Checking Fixture

ลำดับ	เครื่องมือวัด	ประเภทชิ้นที่มีปัญหา	ปัญหาด้านความทวนซ้ำ			ปัญหาด้านไม่เอนเอียง		
			พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3	พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3
1.	Rivet C/F	--	--	--	--	--	--	--
2.	Bracket Support Cable C/F	กำกึ่ง	✓	--	--	✓	✓	✓
3.	Recliner Bracket C/F	--	--	--	--	--	--	--
4.	Lock Plate “E” C/F	เสีย/กำกึ่ง	✓	✓	✓	--	✓	✓
5.	Front Bracket Outer C/F	กำกึ่ง	--	✓	✓	--	✓	✓
6.	Support Bracket “E” C/F	เสีย/กำกึ่ง	--	✓	✓	--	✓	✓
7.	Front Bracket “E” C/F	กำกึ่ง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8.	Rear Bracket Inner C/F	กำกึ่ง	✓	--	--	✓	--	✓
9.	Lever Slide C/F	--	--	--	--	--	--	--
10	Plate Knuckle C/F	เสีย	✓	--	--	✓	✓	--

หมายเหตุ ✓ **แสดงว่าระบบวัดมีปัญหาด้านที่ระบุ**

-- **แสดงว่าระบบวัดไม่มีปัญหาด้านที่ระบุ**

จากผลการประเมินสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับโดยส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในการตรวจสอบชิ้นงานเข้าสายการผลิต เนื่องจากผลการประเมินมีระบบตรวจสอบของเครื่องมือวัดที่ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องและแม่นยำ 100 % เพียง 3 เครื่องมือ ส่วนเครื่องมืออื่นที่ประเมินมีปัญหาด้านการตรวจสอบซึ่งได้แสดงสาเหตุของแต่ละเครื่องมือวัด ดังตารางสรุปผลที่ 6.9 ทำให้ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาแล้วดำเนินปรับปรุงแก้ไข และจากการสังเกตพนักงานที่ใช้เครื่องมือวัดพบว่า พนักงานขาดความเข้าใจในลำดับขั้นตอนของการตรวจสอบชิ้นงาน และเกณฑ์การตัดสินชิ้นงานที่มีคุณภาพกับชิ้นงานที่ไม่มีคุณภาพ เนื่องจากผลการประเมินส่วนใหญ่พบพนักงานมีความสับสนกับการตัดสินใจเมื่อตรวจสอบชิ้นงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่ง(ทั้งชิ้นงานที่ก้ำกึ่งเสียและชิ้นงานก้ำกึ่งดี) จึงได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัดโดยทำการอบรมพนักงานให้เข้าใจลำดับขั้นตอนและจุดประสงค์ในแต่ละขั้นตอน ตลอดจนให้ความรู้เกี่ยวกับคุณภาพแท้จริงของชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบของแต่ละเครื่องมือ พร้อมทั้งจัดคู่มือวิธีการใช้เพื่อปฏิบัติเป็นมาตรฐานต่อไป โดยหลังจากที่ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัดของแต่ละเครื่องมือวัดแล้ว ได้ทำการประเมินผลเพื่อตรวจสอบความสามารถหลังการปรับปรุง ซึ่งจะแสดงผลในบทที่ 7 ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7
การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

7.1 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

จากผลการประเมินความแม่นยำของระบบวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดแล้ว พบว่าเครื่องวัดทุกชิ้นมีค่า% GR&R สูงกว่าค่าตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ มีค่ามากกว่า 10 % ทุกเครื่องมือวัด จึงได้ทำดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัดของเครื่องมือวัดดังกล่าว จำนวน 12 เครื่องมือ โดยแบ่งเป็นการดำเนินการปรับปรุงวิธีการวัด และเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องมือวัด โดยทำการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดจากสาเหตุที่ได้วิเคราะห์จากผลการประเมินความแม่นยำของระบบในสภาวะที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน พร้อมทั้งจัดทำคู่มือเพื่อใช้เป็นมาตรฐานการทำงาน โดยที่จะทำการประเมินผลหลังจากได้แก้ไขข้อผิดพลาดในการใช้เครื่องมือวัดแต่ละเครื่องมือ จนมีค่า % GR&R ตามมาตรฐาน ถ้าเครื่องมือวัดใดยังมีผลการประเมินหลังทำการปรับปรุงเกินกว่าค่ามาตรฐานนั้น จะดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการฝึกอบรมพนักงานที่ใช้เครื่องมือวัดกล่าวให้มีความเข้าใจและแก้ไขข้อผิดพลาดซ้ำ ซึ่งผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดเป็นดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.1 การวิเคราะห์ผลหลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1

ตารางที่ 7.1 แสดงการคำนวณ GR&R ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (หลังการปรับปรุง ครั้งที่ 1)

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	ชื่อชิ้นงาน	Roller	จำนวนพนักงานที่ทดลอง 3 คน	วันที่
โค้ดตัวเลข	BPV 009 QA INSP	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	จำนวนการวัดซ้ำ/ชิ้น 3 ครั้ง	หน่วยในการวัด มิลลิเมตร
ชนิดเครื่องมือวัด	Variable	ข้อกำหนดเฉพาะ	20.3 ± 0.02	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง 10 ชิ้น	บันทึกโดย ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

ผู้ตรวจสอบ	พนักงานคนที่ 1					พนักงานคนที่ 2					พนักงานคนที่ 3					ค่าเฉลี่ย
ชิ้นงาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	$\bar{X}p$
1	20.720	20.710	20.710	20.713	0.010	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.711
2	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.700	20.700	20.710	20.703	0.010	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.708
3	20.680	20.680	20.670	20.677	0.010	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.679
4	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680
5	20.710	20.700	20.700	20.703	0.010	20.720	20.720	20.710	20.717	0.010	20.720	20.720	20.710	20.717	0.010	20.712
6	20.710	20.700	20.700	20.703	0.010	20.690	20.690	20.690	20.690	0.000	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.698
7	20.690	20.680	20.680	20.683	0.010	20.680	20.690	20.680	20.683	0.010	20.690	20.700	20.700	20.697	0.010	20.688
8	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.690	20.680	20.680	20.683	0.010	20.681
9	20.690	20.690	20.690	20.690	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.690	20.680	20.690	20.687	0.010	20.686
10	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.700	20.690	20.690	20.693	0.010	20.700	20.710	20.710	20.707	0.010	20.703
				$\bar{X}_1$	$\bar{R}_1$				$\bar{X}_2$	$\bar{R}_2$				$\bar{X}_3$	$\bar{R}_3$	Rp
				20.695	**0.005**				**20.692**	**0.004**				**20.697**	**0.005**	**0.033**

$\bar{\bar{R}}$ = $(\bar{R}1+\bar{R}2+\bar{R}3)/3$ = 0.0047 $\bar{X}$ diff = Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ = 0.0053

การวิเคราะห์ระบบการวัด	เปอร์เซ็นความผันแปรรวม(% TV)
Repeatability - Equipment Variation (EV)	
$EV = \bar{\bar{R}} * K1$	% EV = 100 [EV/TV]
0.0142	24.71 %

จำนวนซ้ำ	2	3
K1	4.56	3.05

Reproducibility - Appraiser Variation (AV)		nr = 30
$AV = \sqrt{[(\bar{X}diff * K2)^2 - (EV^2 / nr)]}$	% AV = 100 [AV/TV]	n = จำนวนชิ้นงาน
0.0142	24.58 %	r = จำนวนซ้ำ

จำนวนพนักงาน	2	3
K2	3.65	2.70

Repeatability & Reproducibility (R&R)	
$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$	%R&R= 100 [R&R/TV]
0.0201	34.85 %

Part Variation (PV)

$PV = Rp * K3$ = 0.054

จำนวนชิ้นงาน	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K3	3.65	2.70	2.30	2.08	1.93	1.82	1.74	1.67	1.62

Total Variation (TV)	
$TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$	%PV = 100 [PV/TV]
0.0576	93.73 %

ตารางที่ 7.2 แสดงการคำนวณ GR&R ของเวอร์เนียร์ไฮเกจ (หลังการปรับปรุง ครั้งที่1)

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	ชื่อชิ้นงาน	Rear cushion Bracket	จำนวนพนักงานที่ทดลอง	2 คน	วันที่	
ไอ้ดตัวเลข	BPVH 005 QA INSP	พารามิเตอร์	ความสูง	จำนวนการวัดซ้ำ/ชิ้น	3 ครั้ง	หน่วยในการวัด	มิลลิเมตร
ชนิดเครื่องมือวัด	Variable	ข้อกำหนดเฉพาะ	74.6 ± 0.3	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง	10 ชิ้น	บันทึกโดย	ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

ผู้ตรวจสอบ	พนักงานคนที่1					พนักงานคนที่ 2					ค่าเฉลี่ย
ชิ้นงาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	$\bar{X}p$
1	74.480	74.500	74.580	74.520	0.100	74.500	74.520	74.520	74.513	0.020	74.517
2	74.860	74.860	74.860	74.860	0.000	74.880	74.860	74.880	74.873	0.020	74.867
3	74.920	74.900	74.880	74.900	0.040	74.920	74.900	74.900	74.907	0.020	74.903
4	74.600	74.640	74.540	74.593	0.100	74.640	74.640	74.580	74.620	0.060	74.607
5	74.780	74.680	74.680	74.713	0.100	74.760	74.720	74.720	74.733	0.040	74.723
6	74.520	74.600	74.600	74.573	0.080	74.580	74.560	74.680	74.607	0.120	74.590
7	74.520	74.580	74.620	74.573	0.100	74.600	74.540	74.540	74.560	0.060	74.567
8	74.600	74.500	74.500	74.533	0.100	74.520	74.520	74.540	74.527	0.020	74.530
9	74.520	74.540	74.560	74.540	0.040	74.520	74.520	74.520	74.520	0.000	74.530
10	74.600	74.500	74.600	74.567	0.100	74.600	74.640	74.640	74.627	0.040	74.597
				$\bar{X}_1$	$\bar{R}_1$				$\bar{X}_2$	$\bar{R}_2$	$\bar{R}p$
				74.637	**0.076**				**74.649**	**0.040**	**0.387**

$\bar{\bar{R}} = (\bar{R}1+\bar{R}2)/2 =$ 0.0580 $\quad \bar{X}$ diff = $\quad$ Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ = 0.0113

การวิเคราะห์ระบบการวัด

Repeatability - Equipment Variation (EV)

$EV = \bar{\bar{R}} * K1$ = 0.1769

จำนวนซ้ำ	2	3
K1	4.56	3.05

Reproducibility - Appraiser Variation (AV)

$AV = \sqrt{[(\bar{X}diff * K2)^2 - (EV^2 / nr)]}$ = 0.0258

จำนวนพนักงาน	2	3
K2	3.65	2.70

Repeatability & Reproducibility (R&R)

$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$ = 0.1788

Part Variation (PV)

$PV = Rp * K3$ = 0.6264

จำนวนชิ้นงาน	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K3	3.65	2.70	2.30	2.08	1.93	1.82	1.74	1.67	1.62

Total Variation (TV)

$TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$ = 0.6514

เปอร์เซ็นความผันแปรรวม(% TV)

% EV = 100 [EV/TV] = 27.16 %

nr = 30

% AV = 100 [AV/TV] = 3.97 %

n = จำนวนชิ้นงาน

r = จำนวนซ้ำ

%R&R= 100 [R&R/TV] = 27.44 %

%PV = 100 [PV/TV] = 96.16 %

จากตัวอย่างการคำนวณผลหลังการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวัดแบบข้อมูล สามารถสรุปผลได้ในตารางที่ 7.3

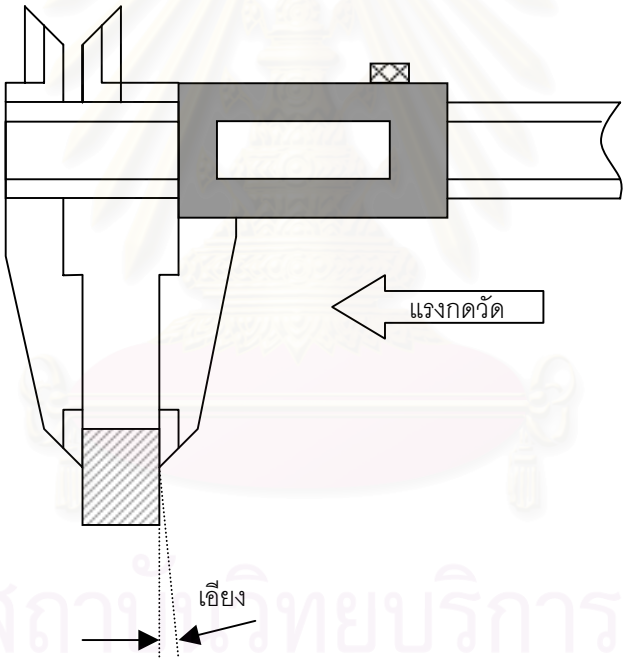
ตารางที่ 7.3 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1

ลำดับ	เครื่องมือวัด	%GR&R	แหล่งความผันแปร	
			%EV	%AV
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	34.85	24.71	24.58
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	27.44	27.16	3.97
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	26.36	26.15	3.27
4.	ไมโครมิเตอร์	32.55	16.99	27.76
5.	ไดอัลเกจ	19.63	15.51	12.04
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	14.26	14.18	1.42
7.	เครื่องวัดแรงดึง	43.29	31.21	30.00
8.	เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ	13.78	13.76	0.75
9.	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	27.83	22.84	15.89
10.	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	14.00	13.64	3.16
11.	เครื่องวัดความแข็งยาง	56.65	36.01	38.41
12.	เครื่องวัดความแข็ง	35.06	24.04	25.52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

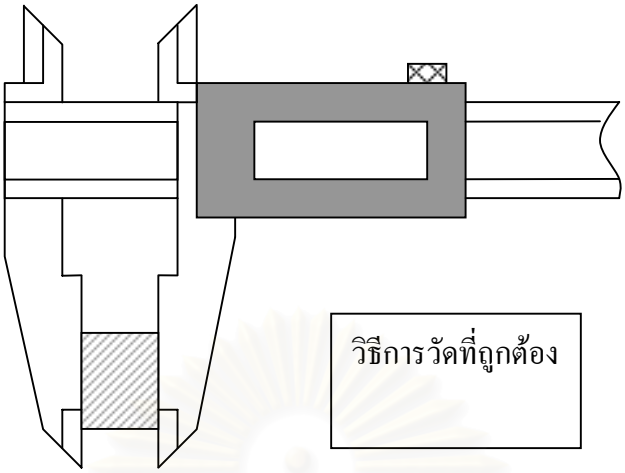
วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.1 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 34.85 % ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานกำหนด (น้อยกว่า 10 %) โดยมีค่า %EV = 24.71 % และ %AV = 24.58 % ซึ่งค่า % EV มีขนาดใกล้เคียงกับค่า % AV โดยการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุความคลาดเคลื่อนในการวัด จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ร่วมกับการประเมินผลความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด ณ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาความแม่นยำของระบบการวัด พบว่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีความเสถียรภาพเนื่องจากค่าเฉลี่ยจากการวัดชิ้นงานมาตรฐานอยู่ในขีดจำกัดควบคุม(บทที่ 5 รูปที่5.20 วันที่ 15) จึงได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุที่มาจากพนักงานวัดเป็นหลัก พบว่าสาเหตุที่ทำให้ค่าความแม่นยำของระบบการวัดมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานกำหนดเนื่องจาก ในการวัดชิ้นงานพนักงานไม่ได้ใช้ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสส่วนใหญ่ของปากกาของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอล



การหนีบชิ้นงานโดยที่หน้าสัมผัสของปากเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไม่สัมผัสไม่สัมผัสกับผิวส่วนใหญ่หรือบริเวณโคนของ Jaws ชิ้นงาน เพราะจะทำให้เกิดการโค้งงอของ Jaws และไม่สามารถวัดค่าที่ถูกต้องได้

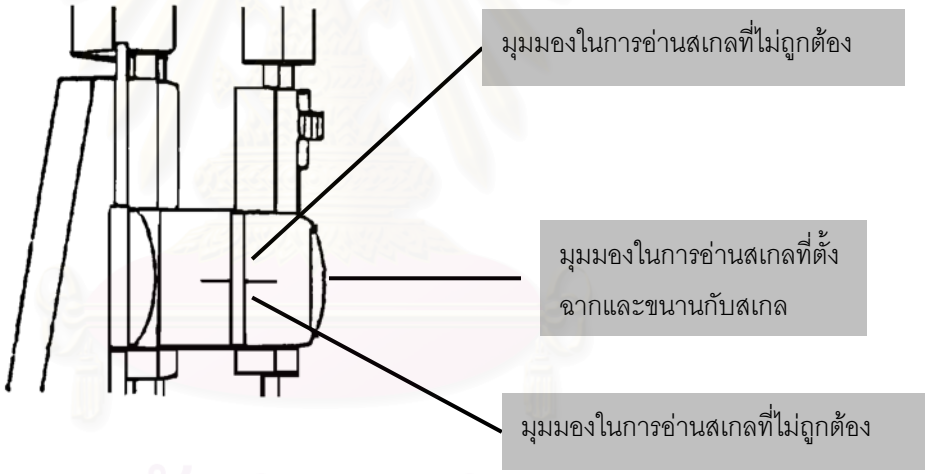
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

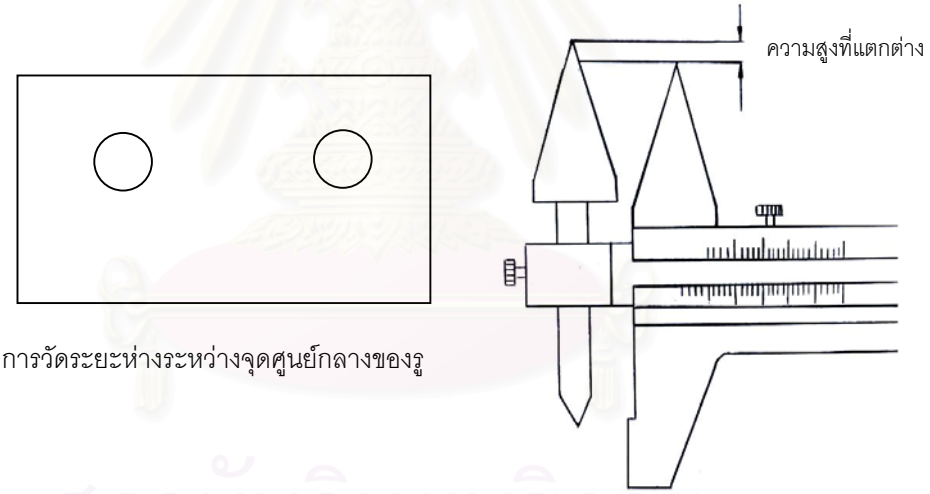
จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 27.44 % มีค่าน้อยกว่า 30% ซึ่งจากมาตรฐาน QS 9000 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแก้ไขซึ่งในการศึกษานี้กำหนดให้น้อยกว่า 10 % โดยมีค่า %EV = 27.16 % และ %AV = 3.67 % เนื่องจาก % GR&R มีค่าน้อยกว่า 30 % จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดยังมีความสามารถในการใช้งาน(โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด)โดยการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดในระบบการวัดจะต้องเพิ่มถึงความสามารถในการวัดซ้ำให้แก่พนักงาน เนื่องจากค่า % EV มากกว่า % AV และสาเหตุจากพนักงานวัดที่ทำให้ความแม่นยำในการวัดไม่เท่ากับมาตรฐานกำหนดคือ ในการอ่านค่าสเกลบางครั้งเกิดปัญหาด้าน Parallax คือมุมมองที่พนักงานเยื้องกับสเกลทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับค่าจริง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเวอร์เนียร์วัดระยะรู

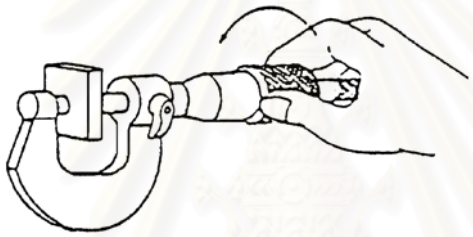
จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เวอร์เนียร์วัดระยะรูให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 26.33 % มีค่าน้อยกว่า 30% ซึ่งจากมาตรฐาน QS 9000 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแก้ไขซึ่งในการศึกษานี้กำหนดให้น้อยกว่า 10 % โดยมีค่า %EV = 26.15 % และ %AV = 3.27 % เนื่องจาก % GR&R มีค่าน้อยกว่า 30 % จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดยังมีความสามารถในการใช้งาน(โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด)โดยการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดในระบบการวัดจะต้องเพิ่มถึงความสามารถในการวัดซ้ำให้แก่พนักงาน เนื่องจากค่า % EV มากกว่า % AV และสาเหตุจากพนักงานวัดที่ทำให้ความแม่นยำในการวัดไม่เท่ากับมาตรฐานกำหนดคือ ในกรณีที่ขนาดของรูที่ต้องการวัดมีขนาดเท่ากันแต่พนักงานไม่ได้ทำการปรับระยะความสูงของ Tapper ให้มีขนาดเท่ากันแล้วจะทำให้ค่าที่ได้จากวัดไม่เท่ากับค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลาง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

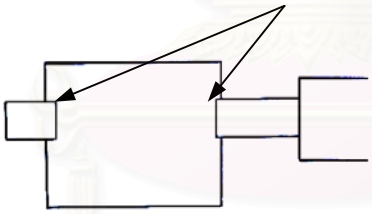
วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของไมโครมิเตอร์

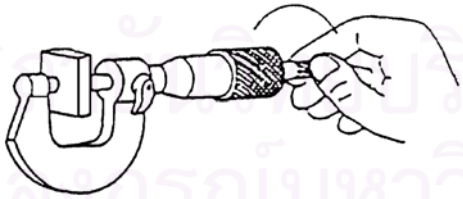
จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้ไมโครมิเตอร์ให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 32.55 % ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานกำหนด (น้อยกว่า 10 %) โดยมีค่า %EV = 16.99 % และ%AV = 27.76 % ซึ่งค่า % AV มากกว่า % EV แสดงว่าสาเหตุที่ทำให้ค่าความแม่นยำของระบบการวัดมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานกำหนดมาจากพนักงานวัดเป็นหลัก จึงได้ทำการวิเคราะห์ผลพบว่า พนักงานใช้แรงในการหมุน Spindle แรงเกินไปทำให้ไมโครมิเตอร์บีบชิ้นงานแน่นจนทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง ควรใช้แรงในการหมุน Spindle พอประมาณเมื่อสัมผัสกับผิวชิ้นงานแล้วจึงใช้ Ratchet Stop หมุน 3 จังหวะ



วิธีการวัดที่ผิด
(ไม่ใช้ Ratchet Stop)

ชิ้นงานถูกไมโครมิเตอร์กดจนขนาดเปลี่ยนแปลง





วิธีการวัดที่ถูกต้อง
(ใช้ Ratchet Stop)

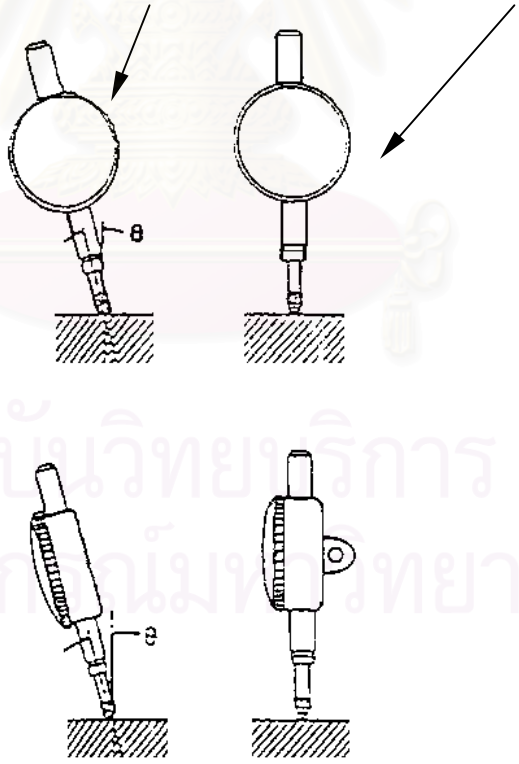
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเวอร์เนียร์วัดระยะรู

จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เวอร์เนียร์วัดระยะรูให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 19.63 % มีค่าน้อยกว่า 30% ซึ่งจากมาตรฐาน QS 9000 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแก้ไขซึ่งในการศึกษานี้กำหนดให้น้อยกว่า 10 % โดยมีค่า %EV = 15.51 % และ %AV = 12.04 % เนื่องจาก % GR&R มีค่าน้อยกว่า 30 % จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดยังมีความสามารถในการใช้งาน(โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด)โดยการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดในระบบการวัดจะต้องเพิ่มถึงความสามารถในการวัดซ้ำให้แก่พนักงาน เนื่องจากค่า % EV มากกว่า % AV และสาเหตุจากพนักงานวัดที่ทำให้ความแม่นยำในการวัดไม่เท่ากับมาตรฐานกำหนดคือ การติดตั้งไดอัลเกจเพื่อทำการวัดชิ้นงานนั้นหัวกดไม่อยู่ในแนวตั้งฉากกับผิวที่ต้องการวัด

การตั้งไดอัลเกจเพื่อทำการวัดเอียงทำให้เกิดความคลาด

การตั้งไดอัลเกจที่ถูกต้อง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของไดอัลเกจวัดความหนา

จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้ไดอัลเกจวัดความหนาให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 14.26 % มีค่าน้อยกว่า 30% ซึ่งจากมาตรฐาน QS 9000 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแก้ไข ซึ่งในการศึกษานี้กำหนดให้น้อยกว่า 10 % โดยมีค่า %EV = 14.18 % และ %AV = 1.42 % เนื่องจาก % GR&R มีค่าน้อยกว่า 30 % จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดยังมีความสามารถในการใช้งาน(โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด)โดยการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดในระบบการวัดจะต้องเพิ่มถึงความสามารถในการวัดซ้ำให้แก่พนักงาน เนื่องจากค่า % EV มากกว่า % AV และสาเหตุจากพนักงานวัดที่ทำให้ความแม่นยำในการวัดไม่เท่ากับมาตรฐานกำหนดคือ พนักงานใช้ส่วนที่ทำการวัดไม่ตั้งฉากกับผิวชิ้นงาน ทำให้ค่าที่แสดงบนหน้าปัดมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องมือวัดนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมุมของหัวกด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

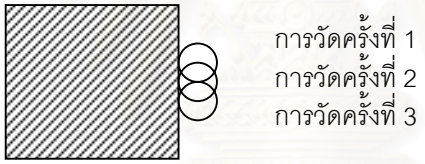
วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเครื่องวัดแรงดึง

จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เครื่องวัดแรงดึงให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 43.29 % ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานกำหนด (น้อยกว่า 10 %) โดยมีค่า %EV = 31.21 % และ %AV = 30.00 % ซึ่งค่า % EV มีขนาดใกล้เคียงกับค่า % AV โดยการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุความคลาดเคลื่อนในการวัด จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ร่วมกับการประเมินผลความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด ณ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาความแม่นยำของระบบการวัด พบว่าเครื่องวัดแรงดึงมีความเสถียรภาพเนื่องจากค่าเฉลี่ยจากการวัดชิ้นงานมาตรฐานอยู่ในขีดจำกัดควบคุม(ภาคผนวก ค รูปที่ 38 วันที่ 11) จึงได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุที่มาจากพนักงานวัดเป็นหลัก พบว่าสาเหตุที่ทำให้ค่าความแม่นยำของระบบการวัดมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด เนื่องจากในการออกแรงดึงสปริงแรง และความนิ่งในของพนักงานแต่ละคนแตกต่างกันทำให้เข็มบนหน้าปัดไม่หยุดนิ่งทำให้ค่าวัดเกิดจากการประมาณช่องพนักงานแต่ละคน จากภาพส่วนของลูกศรเส้นปะแสดงลักษณะแรงในการดึงหรือดันชิ้นงานของพนักงานไม่คงที่ทำให้เข็มมีการกวัดแกว่งค่าที่อ่านได้จาก Push Pull Scale ไม่แน่นอน และเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ถ้าพนักงานใช้แรงในการวัดคงที่เข็มที่ชี้สเกลจะคงที่ จะเป็นลูกศรเส้นเต็ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ

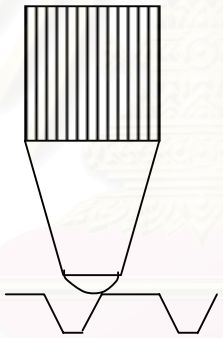
จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ ให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 13.78% มีค่าน้อยกว่า 30% ซึ่งจากมาตรฐาน QS 9000 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแก้ไข ซึ่งในการศึกษานี้กำหนดให้น้อยกว่า 10 % โดยมีค่า %EV = 13.76 % และ %AV = 0.75 % เนื่องจาก % GR&R มีค่าน้อยกว่า 30 % จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดยังมีความสามารถในการใช้งาน(โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด)โดยการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดในระบบการวัดจะต้องเพิ่มถึงความสามารถในการวัดซ้ำให้แก่พนักงาน เนื่องจากค่า % EV มากกว่า % AV และสาเหตุจากพนักงานวัดที่ทำให้ความแม่นยำในการวัดไม่เท่ากับมาตรฐานกำหนดคือ ตำแหน่งที่ทำการวัดชิ้นงานในแต่ละครั้งไม่คงที่เนื่องจากพื้นที่สัมผัสของProbe มีน้อย ความทำการล็อกตำแหน่งความสูงของแกน เพื่อไม่ให้หัว Probe มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง จะทำให้การวัดซ้ำในแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก

จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อกให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 27.83% มีค่าน้อยกว่า 30% ซึ่งจากมาตรฐาน QS 9000 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไข โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแก้ไข ซึ่งในการศึกษานี้กำหนดให้น้อยกว่า 10 % โดยมีค่า %EV = 22.84 % และ %AV = 15.89% เนื่องจาก % GR&R มีค่าน้อยกว่า 30 % จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดยังมีความสามารถในการใช้งาน(โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด)โดยการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดในระบบการวัดจะต้องเพิ่มถึงความสามารถในการวัดซ้ำให้แก่พนักงาน เนื่องจากค่า % EV มากกว่า % AV และสาเหตุจากพนักงานวัดที่ทำให้ความแม่นยำในการวัดไม่เท่ากับมาตรฐานกำหนดคือ พนักงานอ่านค่าไม่ถูกวิธีการอ่านค่าจะอ่านเมื่อเข็มบนหน้าปัดชี้สูงสุดซึ่งเป็นความสูงของฟันเฟือง และในกรณีนี้อาจเกิดขึ้นตั้งแต่ในขณะทำการตั้งค่าเริ่มต้นของไดอัลเกจ

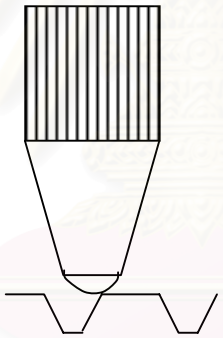


หัวกดไม่ได้สัมผัสกับส่วนของสันของฟันเฟืองซึ่งทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีค่าน้อยกว่าค่าจริงของชิ้นงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 14.00% มีค่าน้อยกว่า 30% ซึ่งจากมาตรฐาน QS 9000 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์อาจไม่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแก้ไข ซึ่งในการศึกษานี้กำหนดให้น้อยกว่า 10 % โดยมีค่า %EV = 16.64 % และ %AV = 3.16 % เนื่องจาก % GR&R มีค่าน้อยกว่า 30 % จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดยังมีความสามารถในการใช้งาน(โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด)โดยการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดในระบบการวัดจะต้องเพิ่มถึงความสามารถในการวัดซ้ำให้แก่พนักงาน เนื่องจากค่า % EV มากกว่า % AV และสาเหตุจากพนักงานวัดที่ทำให้ความแม่นยำในการวัดไม่เท่ากับมาตรฐานกำหนดคือ พนักงานอ่านค่าไม่ถูกวิธีการอ่านค่าจะอ่านเมื่อเข็มบนหน้าปัดชี้สูงสุดซึ่งเป็นความสูงของฟันเฟือง และในกรณีนี้อาจเกิดขึ้นตั้งแต่ในขณะทำการตั้งค่าเริ่มต้นของไดอัลเกจ

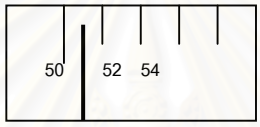


หัวกดไม่ได้สัมผัสกับส่วนของสันของฟันเฟืองซึ่งทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีค่าน้อยกว่าค่าจริงของชิ้นงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเครื่องทดสอบความแข็งยาง

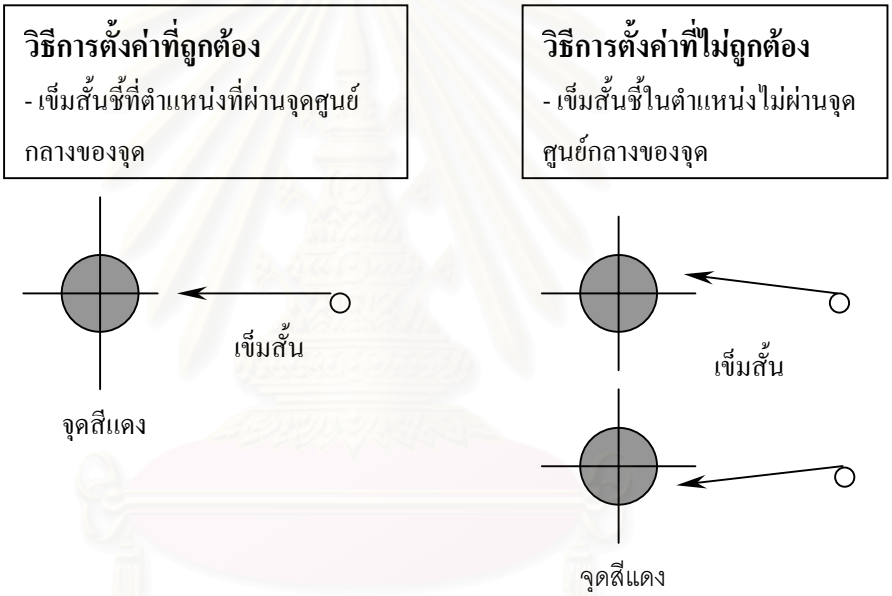
จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เครื่องทดสอบความแข็งยางให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 52.65 % ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานกำหนด (น้อยกว่า 10 %) โดยมีค่า %EV = 36.01 % และ %AV = 38.41 % ซึ่งค่า % AV มากกว่า % EV แสดงว่าสาเหตุที่ทำให้ค่าความแม่นยำของระบบการวัดมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานกำหนดมาจากพนักงานวัดเป็นหลัก จึงได้ทำการวิเคราะห์ผลพบว่า จากการอ่านค่าจากสเกลซึ่งมีความละเอียด 2 deg ซึ่งพนักงานแต่ละคนปัดค่าต่างกัน จากรูปพนักงานอ่านได้เป็น 50 deg หรือ 52 deg



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์หลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเครื่องทดสอบความแข็ง

จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เครื่องทดสอบความแข็งให้มีความเข้าใจในมีวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า % GR&R เท่ากับ 35.06 % ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานกำหนด (น้อยกว่า 10 %) โดยมีค่า %EV = 24.06 %และ %AV = 25.52 % ซึ่งค่า % AV มากกว่า % EV แสดงว่าสาเหตุที่ทำให้ค่าความแม่นยำของระบบการวัดมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานกำหนดมาจากพนักงานวัดเป็นหลัก จึงได้ทำการวิเคราะห์ผลพบว่า ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการตั้งค่าเริ่มต้นในเมื่อหัวกดสัมผัสกับผิวชิ้นงาน ความผิดพลาดเกิดได้สองจุด คือ ในการหมุนแท่นวางชิ้นงานขึ้นจะหยุดเมื่อเข็มสั้นบนหน้าปัดชี้ไปที่จุดสีแดง ซึ่งพนักงานแต่ละคนจะอ่านค่าได้แตกต่างกัน



เมื่อเข็มสั้นที่ตำแหน่งจุดสีแดงแล้วพนักงานจะทำการตั้งค่า 0 ของสเกลหลักโดยใช้การปรับเลื่อนอุปกรณ์ปรับด้านล่างแท่นวางชิ้นงาน พนักงานที่ตั้งค่าคลาดเคลื่อนจากค่า 0 แล้วจะทำให้ค่าความแข็งที่ค่าได้ไม่ถูกต้อง

สรุปผลการประเมิน Gage Repeatability and Reproducibilityหลังการดำเนินการปรับปรุงครั้ง 1

พบว่าค่า % GR&R ของเครื่องมือวัดทั้ง 12 เครื่องมือ มีค่าลดลงจากค่า % GR&R ก่อนการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข แต่ค่าดังกล่าวของทุกเครื่องมือยังสูงกว่ามาตรฐาน(%GR&R มากกว่า 10%) เนื่องจากยังมีพนักงานบางคนยังขาดความเข้าใจในวิธีการวัด จึงจำเป็นต้องดำเนินการฝึกอบรมพนักงานซ้ำเพื่อให้เข้าใจในวิธีการวัดที่ถูกต้อง แล้วทำการประเมินผลหลังทำการฝึกอบรมจนกระทั้ง ค่า %GR&R มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดดังแสดงในหัวข้อ 7.1.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.2 การวิเคราะห์ผลหลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 2

ตารางที่ 7.4 แสดงการคำนวณ GR&R ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (หลังการปรับปรุง ครั้งที่ 2)

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	ชื่อชิ้นงาน	Roller	จำนวนพนักงานที่ทดลอง 3 คน	วันที่
โค้ดตัวเลข	BPV 009 QA INSP	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	จำนวนการวัดซ้ำ/ชิ้น 3 ครั้ง	หน่วยในการวัด มิลลิเมตร
ชนิดเครื่องมือวัด	Variable	ข้อกำหนดเฉพาะ	20.3 ± 0.02	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง 10 ชิ้น	บันทึกโดย ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

ผู้ตรวจสอบ	พนักงานคนที่ 1					พนักงานคนที่ 2					พนักงานคนที่ 3					ค่าเฉลี่ย
ชิ้นงาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	$\bar{X}p$
1	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700	20.710	20.700	20.703	0.010	20.701
2	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710
3	20.680	20.680	20.670	20.677	0.010	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.679
4	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.670	20.680	20.680	20.677	0.010	20.679
5	20.720	20.720	20.720	20.720	0.000	20.720	20.720	20.720	20.720	0.000	20.720	20.720	20.710	20.717	0.010	20.719
6	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700
7	20.690	20.680	20.680	20.683	0.010	20.680	20.690	20.680	20.683	0.010	20.690	20.700	20.690	20.693	0.010	20.687
8	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.690	20.690	20.680	20.687	0.010	20.690	20.680	20.680	20.683	0.010	20.683
9	20.690	20.690	20.690	20.690	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.690	20.680	20.680	20.683	0.010	20.684
10	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.700	20.690	20.690	20.693	0.010	20.700	20.710	20.700	20.703	0.010	20.702
				$\bar{X}_1$	$\bar{R}_1$				$\bar{X}_2$	$\bar{R}_2$				$\bar{X}_3$	$\bar{R}_3$	Rp
				20.695	**0.002**				**20.693**	**0.003**				**20.695**	**0.007**	**0.040**

$\bar{\bar{R}}$ = $(\bar{R}1+\bar{R}2+\bar{R}3)/3$ = 0.0040 $\bar{X}$ diff = Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ = 0.0017

การวิเคราะห์ระบบการวัด	เปอร์เซ็นความผันแปรรวม(% TV)
Repeatability - Equipment Variation (EV)	
$EV = \bar{\bar{R}} * K1$	% EV = 100 [EV/TV]
0.0122	18.47 %
จำนวนซ้ำ: 2 → K1 = 4.56; 3 → K1 = 3.05	
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)	nr = 30
$AV = \sqrt{[(\bar{X}diff * K2)^2 - (EV^2 / nr)]}$	% AV = 100 [AV/TV]
0.0039	5.92 %
จำนวนพนักงาน: 2 → K2 = 3.65; 3 → K2 = 2.70	n = จำนวนชิ้นงาน, r = จำนวนซ้ำ
Repeatability & Reproducibility (R&R)	
$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$	%R&R= 100 [R&R/TV]
0.0128	19.40 %
Part Variation (PV)	
PV = Rp * K3	
0.0648	

จำนวนชิ้นงาน	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K3	3.65	2.70	2.30	2.08	1.93	1.82	1.74	1.67	1.62

Total Variation (TV)	
$TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$	%PV = 100 [PV/TV]
0.0661	98.10 %

ตารางที่ 7.5 แสดงการคำนวณ GR&R ของเวอร์เนียร์ไฮเกจ (หลังการปรับปรุง ครั้งที่ 2)

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	ชื่อชิ้นงาน	Rear cushion Bracket	จำนวนพนักงานที่ทดลอง	2 คน	วันที่	
โค้ดตัวเลข	BPVH 005 QA INSP	พารามิเตอร์	ความสูง	จำนวนการวัดซ้ำ/ชิ้น	3 ครั้ง	หน่วยในการวัด	มิลลิเมตร
ชนิดเครื่องมือวัด	Variable	ข้อกำหนดเฉพาะ	74.6 ± 0.3	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง	10 ชิ้น	บันทึกโดย	ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

ผู้ตรวจสอบ	พนักงานคนที่1					พนักงานคนที่ 2					ค่าเฉลี่ย
ชิ้นงาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	$\bar{X}p$
1	74.520	74.520	74.520	74.520	0.000	74.520	74.520	74.520	74.520	0.000	74.520
2	74.620	74.600	74.600	74.607	0.020	74.600	74.620	74.620	74.613	0.020	74.610
3	74.580	74.580	74.580	74.580	0.000	74.580	74.620	74.580	74.593	0.040	74.587
4	74.640	74.640	74.640	74.640	0.000	74.640	74.640	74.640	74.640	0.000	74.640
5	74.580	74.580	74.580	74.580	0.000	74.580	74.580	74.580	74.580	0.000	74.580
6	74.580	74.600	74.600	74.593	0.020	74.580	74.560	74.580	74.573	0.020	74.583
7	74.600	74.580	74.620	74.600	0.040	74.580	74.540	74.540	74.553	0.040	74.577
8	74.540	74.540	74.540	74.540	0.000	74.540	74.540	74.540	74.540	0.000	74.540
9	74.540	74.540	74.540	74.540	0.000	74.520	74.540	74.540	74.533	0.020	74.537
10	74.620	74.620	74.620	74.620	0.000	74.620	74.620	74.620	74.620	0.000	74.620
				$\bar{X}_1$	$\bar{R}_1$				$\bar{X}_2$	$\bar{R}_2$	$\bar{R}p$
				74.582	**0.008**				**74.577**	**0.014**	**0.120**

$\bar{\bar{R}}$ = $\bar{R}$ = (R1+R2) /2 = 0.0110 $\bar{\bar{X}}$ diff = Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ = 0.0053

การวิเคราะห์ระบบการวัด	เปอร์เซ็นความผันแปรรวม(% TV)
Repeatability - Equipment Variation (EV)	
EV = $\bar{\bar{R}}$ * K1	% EV = 100 [EV/TV]
0.0336	16.93 %
จำนวนซ้ำ 2 3	
K1 4.56 3.05	
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)	nr = 30
AV = $\sqrt{[(\bar{\bar{X}}diff * K2)^2 - (EV^2 / nr)]}$	% AV = 100 [AV/TV] n = จำนวนชิ้นงาน
0.0185	9.33 % r = จำนวนซ้ำ
จำนวนพนักงาน 2 3	
K2 3.65 2.70	
Repeatability & Reproducibility (R&R)	
R&R = $\sqrt{(EV^2 + AV^2)}$	%R&R= 100 [R&R/TV]
0.0383	19.33 %
Part Variation (PV)	
PV = Rp * K3	
0.1944	
จำนวนชิ้นงาน 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
K3 3.65 2.70 2.30 2.08 1.93 1.82 1.74 1.67 1.62	
Total Variation (TV)	
TV = $\sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$	%PV = 100 [PV/TV]
0.1981	98.11 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของเครื่องมือวัดหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2

สำหรับขั้นตอนการคำนวณมีขั้นตอนการคำนวณลักษณะเดียวกันจึงได้สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 ในตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.6 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2

ลำดับ	เครื่องมือวัด	%GR&R	แหล่งความผันแปร	
			%EV	%AV
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	19.40	18.47	5.92
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	19.33	16.93	9.33
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	18.43	17.76	4.93
4.	ไมโครมิเตอร์	6.75	6.26	2.52
5.	ไดอัลเกจ	11.90	11.22	3.98
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	8.63	8.51	1.40
7.	เครื่องวัดแรงดึง	18.55	18.50	1.36
8.	เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ	12.06	11.26	4.33
9.	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	21.81	21.71	1.99
10.	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	8.82	8.72	1.38
11.	เครื่องวัดความแข็งยาง	23.80	22.59	7.51
12.	เครื่องวัดความแข็ง	22.71	22.30	4.31

จากผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 พบว่ามีเครื่องมือวัดบางเครื่องมือมีค่า % GR&R น้อยกว่า 10 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข แต่ยังมีเครื่องมือวัดส่วนใหญ่จำเป็นที่ต้องได้รับการปรับปรุงซ้ำอีก และในการปรับปรุงครั้งต่อไปนี้ มีข้อสังเกตว่าทุกเครื่องมือวัดมีค่า % GR&R น้อยกว่า 30 % แสดงว่าให้มุ่งประเด็นการปรับปรุงไปที่พนักงานวัดได้เพียงอย่างเดียว(จากรูปที่ 6.1)

ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลเพื่อทำการปรับปรุงระบบการวัดของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

จากผลการประเมินเมื่อได้ทำการฝึกอบรมพนักงานวัดที่ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ให้มีความเข้าใจในวิธีใช้ และข้อควรปฏิบัติ โดยทำการลดความคลาดเคลื่อนจากสาเหตุดังกล่าว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.3 แสดงค่า %GR&R เท่ากับ 19.40 % โดยมีค่า %EV = 18.47 % และ %AV = 5.92 % เนื่องจาก %GR&R มีค่าน้อยกว่า 30 % จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดยังมีความสามารถในการใช้งาน(โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด)โดยการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดในระบบการวัดจะต้องเพิ่มความสามารถในการวัดซ้ำให้แก่พนักงาน เนื่องจากค่า %EV มากกว่า %AV และทำการลดความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัดและพนักงานวัดควบคู่กัน โดยฝึกอบรมพนักงานซ้ำ เพื่อให้ค่า %GR&R อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

สำหรับเครื่องมือวัดที่เหลือมีขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ในลักษณะเช่นเดียวกับเวอร์เนียร์คาล์เปอร์

สรุปผลการประเมิน Gage Repeatability and Reproducibilityหลังการดำเนินการปรับปรุงครั้ง 2

พบว่าค่า %GR&R ของเครื่องมือวัดทั้ง 12 เครื่องมือ มีค่าลดลงจากค่า %GR&R ในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1 โดยมีเครื่องมือวัดจำนวน 3 เครื่องมือได้แก่

1. ไมโครมิเตอร์
2. ไดอัลเกจวัดความหนา
3. เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

มีค่า % GR&R อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (น้อยกว่า 10 %) แต่เครื่องมือวัดที่เหลือจำนวน 9 เครื่องมือ ได้แก่

1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
2. เวอร์เนียร์ไฮเกจ
3. เวอร์เนียร์วัดระยะรู
4. ไดอัลเกจ
5. เครื่องวัดแรงดึง
6. เครื่องขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ
7. เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก
8. เครื่องทดสอบความแข็งยาง
9. เครื่องทดสอบความแข็ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ยังมีค่า % GR&R สูงกว่ามาตรฐานกำหนด(มากกว่า 10 %) เนื่องจากยังมีพนักงานบางคนยังขาดความเข้าใจในวิธีการวัด จึงจำเป็นต้องดำเนินการฝึกอบรมพนักงานซ้ำเพื่อให้เข้าใจในวิธีการวัดที่ถูกต้อง แล้วทำการประเมินผลหลังทำการฝึกอบรมจนกระทั้ง ค่า %GR&R มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.3 การวิเคราะห์ผลหลังดำเนินการปรับปรุงครั้งที่ 3

ตารางที่ 7.7 แสดงการคำนวณ GR&R ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (หลังการปรับปรุงครั้งที่ 3)

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	ชื่อชิ้นงาน	Roller	จำนวนพนักงานที่ทดลอง	3 คน	วันที่	
โค้ดตัวเลข	BPV 009 QA INSP	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	จำนวนการวัดซ้ำ/ชิ้น	3 ครั้ง	หน่วยในการวัด	มิลลิเมตร
ชนิดเครื่องมือวัด	Variable	ข้อกำหนดเฉพาะ	20.3 ± 0.02	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง	10 ชิ้น	บันทึกโดย	ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

ผู้ตรวจสอบ	พนักงานคนที่ 1					พนักงานคนที่ 2					พนักงานคนที่ 3					ค่าเฉลี่ย
ชิ้นงาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	$\bar{X}p$
1	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700
2	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710
3	20.680	20.680	20.670	20.677	0.010	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.679
4	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680
5	20.720	20.720	20.720	20.720	0.000	20.720	20.720	20.720	20.720	0.000	20.720	20.720	20.710	20.717	0.010	20.719
6	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700	20.700	20.700	20.700	0.000	20.700
7	20.690	20.680	20.680	20.683	0.010	20.690	20.690	20.690	20.690	0.000	20.690	20.690	20.690	20.690	0.000	20.688
8	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.690	20.690	20.680	20.687	0.010	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.682
9	20.690	20.690	20.690	20.690	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.680	20.680	20.680	20.680	0.000	20.683
10	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710	20.710	20.710	20.710	0.000	20.710
				$\bar{X}_1$	$\bar{R}_1$				$\bar{X}_2$	$\bar{R}_2$				$\bar{X}_3$	$\bar{R}_3$	Rp
				20.695	**0.002**				**20.696**	**0.001**				**20.695**	**0.001**	**0.040**

$\bar{\bar{R}}$ = $(\bar{R}1+\bar{R}2+\bar{R}3)/3$ = 0.0013 $\bar{X}$ diff = Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ = 0.0010

การวิเคราะห์ระบบการวัด	เปอร์เซ็นความผันแปรรวม(% TV)
Repeatability - Equipment Variation (EV)	
EV = $\bar{\bar{R}}$ * K1	% EV = 100 [EV/TV]
0.0041	6.26 %
จำนวนซ้ำ: 2 → K1 = 4.56; 3 → K1 = 3.05	
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)	nr = 30
AV = $\sqrt{[(\bar{X}diff * K2)^2 - (EV^2 / nr)]}$	% AV = 100 [AV/TV]
0.0026	3.99 %
จำนวนพนักงาน: 2 → K2 = 3.65; 3 → K2 = 2.70	n = จำนวนชิ้นงาน; r = จำนวนซ้ำ
Repeatability & Reproducibility (R&R)	
R&R = $\sqrt{(EV^2 + AV^2)}$	%R&R= 100 [R&R/TV]
0.0048	7.42 %
Part Variation (PV)	
PV = Rp * K3	
0.0648	

จำนวนชิ้นงาน	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K3	3.65	2.70	2.30	2.08	1.93	1.82	1.74	1.67	1.62

Total Variation (TV)	
TV = $\sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$	%PV = 100 [PV/TV]
0.0650	99.72 %

ตารางที่ 7.8 แสดงการคำนวณ GR&R ของเวอร์เนียร์ไฮเกจ (หลังการปรับปรุงครั้งที่ 3)

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	ชื่อชิ้นงาน	Rear cushion Bracket	จำนวนพนักงานที่ทดลอง	2 คน	วันที่	
โค้ดตัวเลข	BPVH 005 QA INSP	พารามิเตอร์	ความสูง	จำนวนการวัดซ้ำ/ชิ้น	3 ครั้ง	หน่วยในการวัด	มิลลิเมตร
ชนิดเครื่องมือวัด	Variable	ข้อกำหนดเฉพาะ	74.6 ± 0.3	จำนวนชิ้นงานที่ทดลอง	10 ชิ้น	บันทึกโดย	ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์

ผู้ตรวจสอบ	พนักงานคนที่1					พนักงานคนที่ 2					ค่าเฉลี่ย
ชิ้นงาน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	$\bar{X}p$
1	74.540	74.540	74.540	74.540	0.000	74.520	74.540	74.540	74.533	0.020	74.537
2	74.580	74.580	74.580	74.580	0.000	74.580	74.580	74.580	74.580	0.000	74.580
3	74.520	74.520	74.520	74.520	0.000	74.520	74.520	74.520	74.520	0.000	74.520
4	74.680	74.680	74.680	74.680	0.000	74.680	74.680	74.680	74.680	0.000	74.680
5	74.680	74.680	74.680	74.680	0.000	74.680	74.680	74.660	74.673	0.020	74.677
6	74.600	74.600	74.600	74.600	0.000	74.600	74.600	74.600	74.600	0.000	74.600
7	74.640	74.640	74.640	74.640	0.000	74.640	74.640	74.640	74.640	0.000	74.640
8	74.600	74.620	74.620	74.613	0.020	74.600	74.620	74.620	74.613	0.020	74.613
9	74.620	74.620	74.620	74.620	0.000	74.620	74.620	74.620	74.620	0.000	74.620
10	74.540	74.540	74.540	74.540	0.000	74.540	74.540	74.540	74.540	0.000	74.540
				$\bar{X}_1$	$\bar{R}_1$				$\bar{X}_2$	$\bar{R}_2$	$\bar{R}p$
				74.601	**0.002**				**74.600**	**0.006**	**0.160**

$\bar{\bar{R}}$ = $(\bar{R}1+\bar{R}2)/2$ = 0.0040 $\bar{\bar{X}}$ diff = Max $\bar{X}$ - Min $\bar{X}$ = 0.0013

การวิเคราะห์ระบบการวัด				เปอร์เซ็นความผันแปรรวม(% TV)	
Repeatability - Equipment Variation (EV)					
$EV = \bar{\bar{R}} * K1$	จำนวนซ้ำ	2	3	% EV = 100 [EV/TV]	
0.0122	K1	4.56	3.05	4.70 %	
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)					nr = 30
$AV = \sqrt{[(\bar{X}diff * K2)^2 - (EV^2/nr)]}$	จำนวนพนักงาน	2	3	% AV = 100 [AV/TV]	n = จำนวนชิ้นงาน
0.0043	K2	3.65	2.70	1.67 %	r = จำนวนซ้ำ
Repeatability & Reproducibility (R&R)					
$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$				%R&R= 100 [R&R/TV]	
0.0129				4.99 %	

Part Variation (PV)

$PV = Rp * K3$

จำนวนชิ้นงาน	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K3	3.65	2.70	2.30	2.08	1.93	1.82	1.74	1.67	1.62
0.2592									

Total Variation (TV)

$TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$ 0.2595

%PV = 100 [PV/TV] 99.88 %

การวิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของเครื่องมือวัดหลังการปรับปรุงครั้งที่ 3

สำหรับขั้นตอนการคำนวณมีขั้นตอนการคำนวณลักษณะเดียวกันจึงได้สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 3 ในตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.9 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 3

ลำดับ	เครื่องมือวัด	%GR&R	แหล่งความผันแปร	
			%EV	%AV
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	7.42	6.26	3.99
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	4.99	4.70	1.67
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	7.18	6.26	3.51
4.	ไดอัลเกจ	8.90	7.03	5.46
5.	เครื่องวัดแรงดึง	8.99	8.33	3.36
6.	เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ	7.90	7.88	0.63
7.	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	9.07	9.03	0.83
8.	เครื่องวัดความแข็งยาง	10.73	9.36	5.25
9.	เครื่องวัดความแข็ง	10.25	10.22	0.82

สรุปผลการประเมิน Gage Repeatability and Reproducibilityหลังการดำเนินการปรับปรุงครั้ง 3

พบว่าค่า%GR&R ของเครื่องมือวัดทั้ง 9 เครื่องมือที่ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข มีค่าลดลงและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (น้อยกว่า 10%) จึงสามารถยอมรับระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับวัดทั้ง 12 เครื่องมือ และจำเป็นต้องรักษามาตรฐานวิธีการวัด เพื่อให้พนักงานที่ใช้เครื่องมือวัดนี้อยู่ รวมถึงพนักงานใหม่ที่เข้าฝึกอบรมมีความเข้าใจและมีความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ อยู่ในระดับเดียวกัน ตลอดจนเป็นวิธีปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานต่อไป โดยผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.10 ตารางสรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

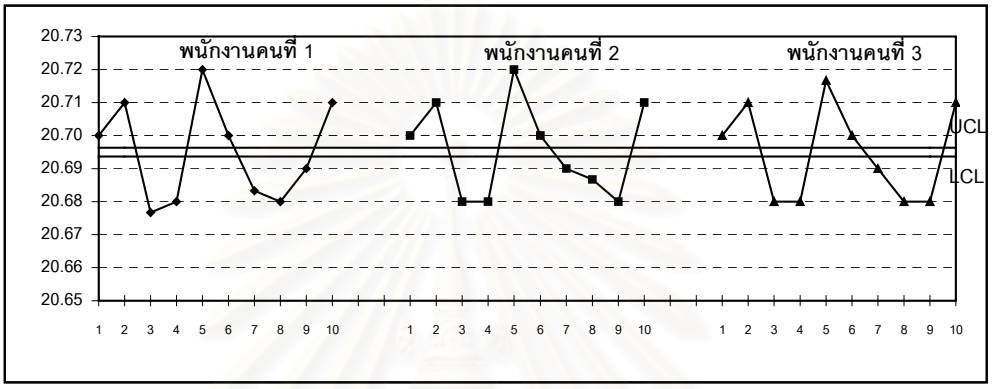
ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	ผลการทดสอบค่า % GR&R หลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไข		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	34.85	19.39	7.24
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	27.44	19.33	4.9
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	26.35	18.43	7.1
4.	ไมโครมิเตอร์	32.55	6.75	-
5.	ไดอัลเกจ	19.63	11.90	8.9
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	14.25	8.62	-
7.	เครื่องวัดแรงดึง	43.28	18.54	8.98
8.	เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ	13.78	12.06	7.9
9.	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	27.82	21.81	9.07
10.	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	14.00	8.82	-
11.	เครื่องทดสอบความแข็งยาง	52.65	23.80	10.73
12.	เครื่องทดสอบความแข็ง	35.06	22.71	10.25

ผลจากการปรับปรุงทำให้เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดทุกเครื่องมือมีความผันแปรลดลง ทำให้สามารถนำเครื่องมือวัดไปทำการตรวจสอบชิ้นงานได้ โดยนำค่าวัดที่ได้จากการปรับปรุงครั้งที่ 3 ซึ่งมีค่า % GR&R อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับมาวิเคราะห์ความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่างให้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

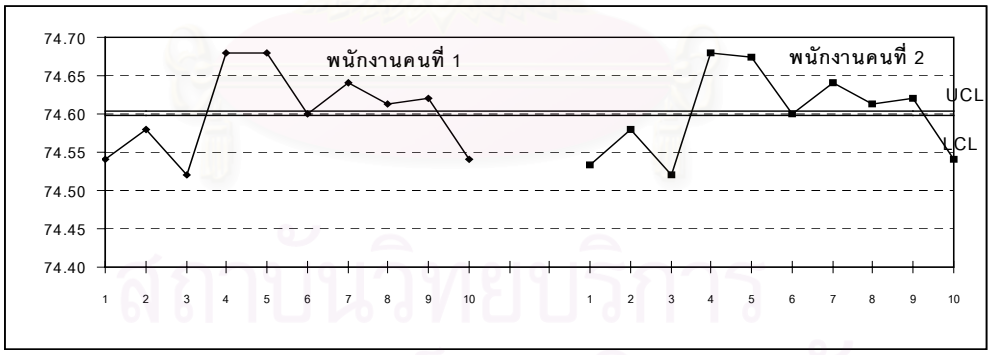
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.4 การวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่าง

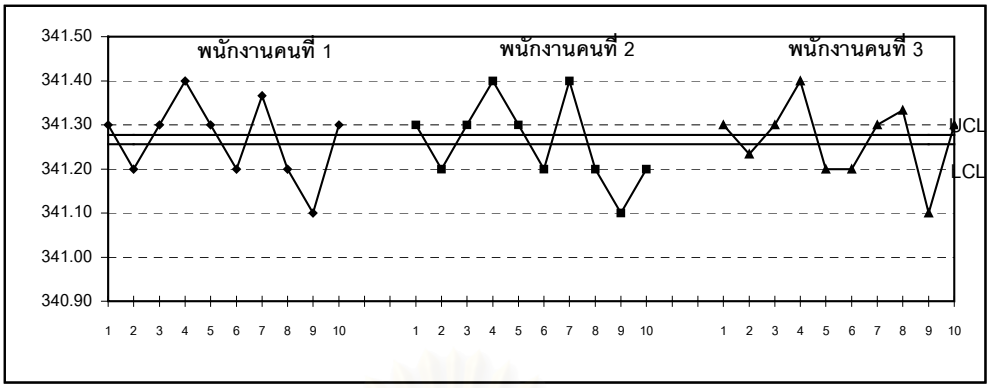
ในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่างตัวต่อตัว(part to part variation)นั้น สามารถพิจารณาได้จากแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ซึ่งจากพิจารณาผลการทดสอบการวัดของพนักงานวัดแต่ละคนสำหรับเครื่องมือวัดทั้งสิ้น 12 เครื่องมือหลังการปรับปรุงครั้งที่ 3 เป็นดังนี้



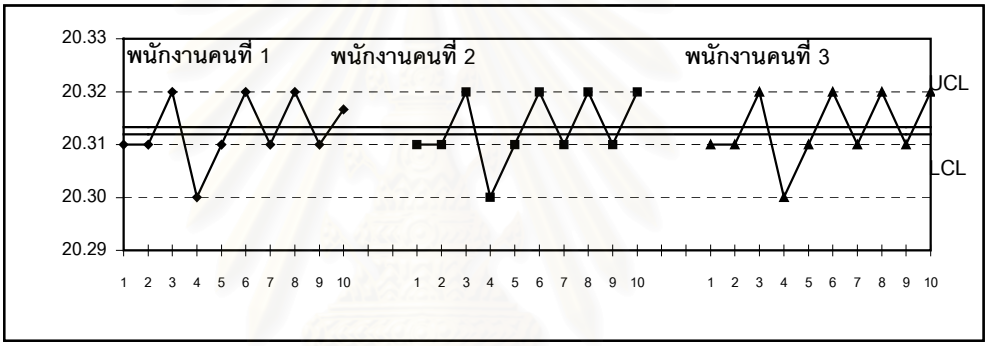
รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Verneir Caliper)



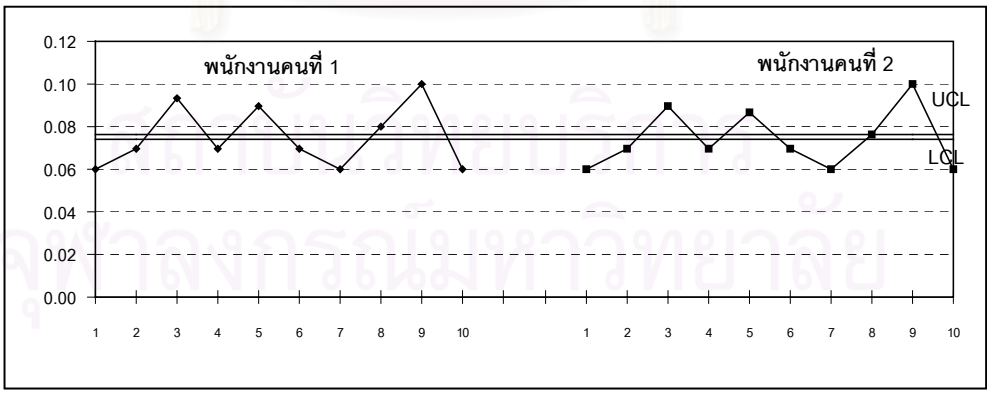
รูปที่ 7.2 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้ เวอร์เนียร์ไฮเกจ (Verneir Height Gage)



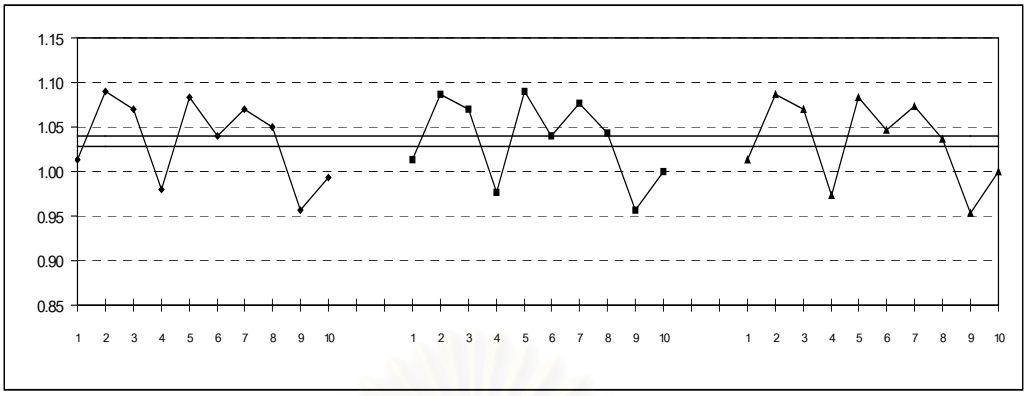
รูปที่ 7.3 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้เวอร์เนียร์วัดระยะรู (Verneir Hole Diameter)



รูปที่ 7.4 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้ ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)

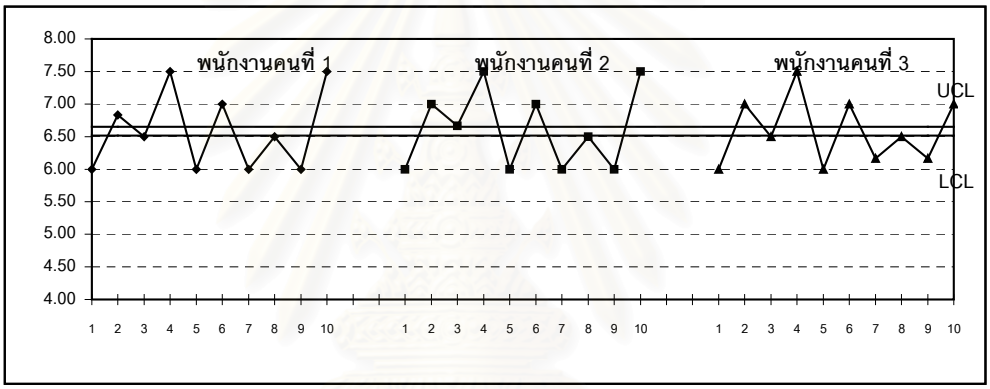


รูปที่ 7.5 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้ ไดอัลเกจ (Dial Gage)

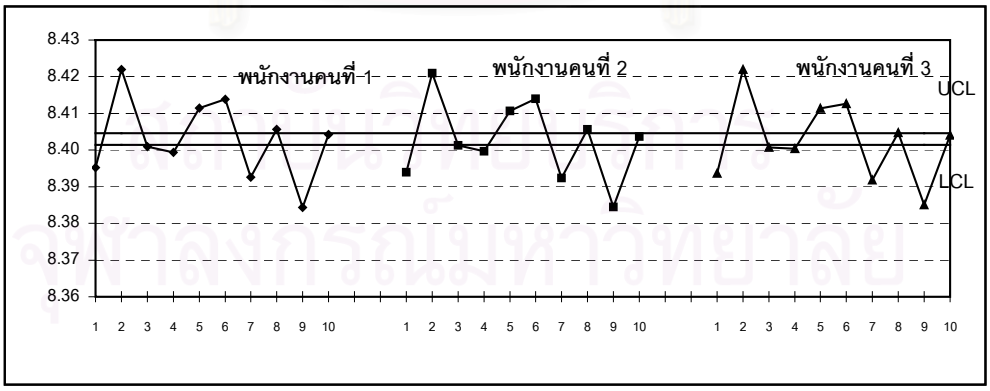


รูปที่ 7.6 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้ ไดอัลเกจวัดความหนา

(Dial Thickness Gage)

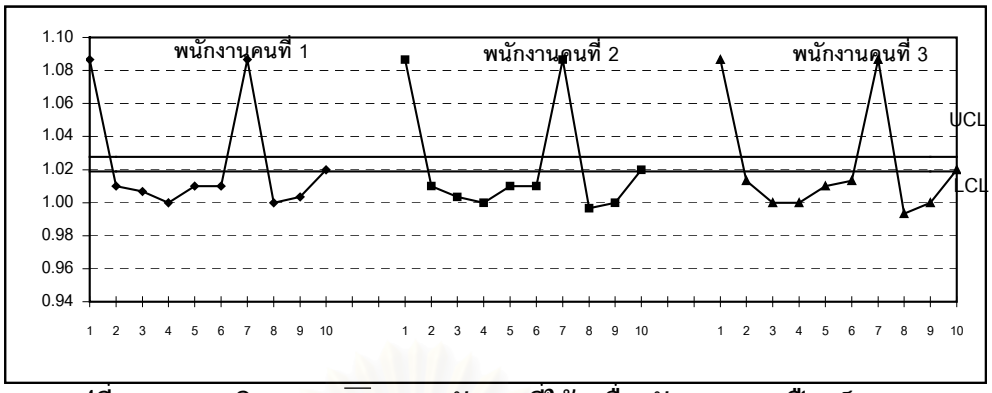


รูปที่ 7.7 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้ เครื่องวัดแรงดึง (Push Pull Scale)



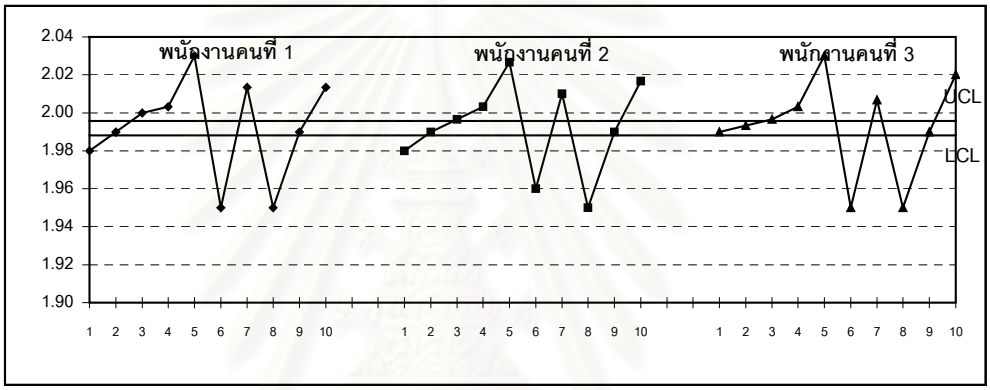
รูปที่ 7.8 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้เครื่องวัดขนาดแบบ 3 มิติ

(Coordinate Measuring Machines)



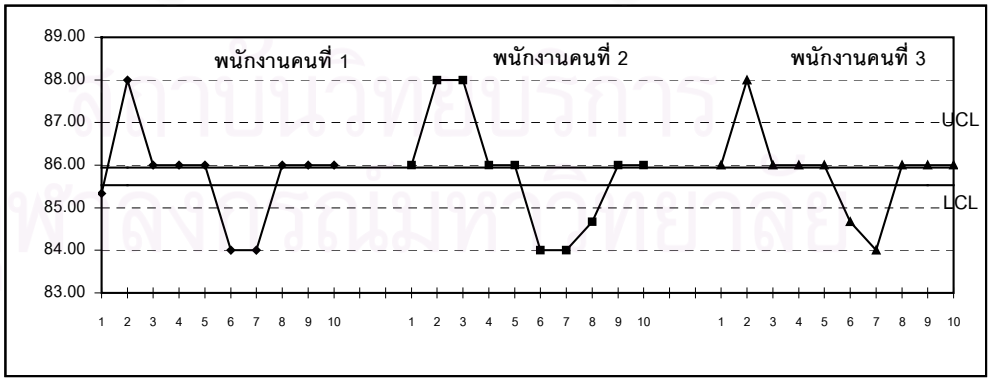
รูปที่ 7.9 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้ เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อค

(Lock Gear Dial Gage)



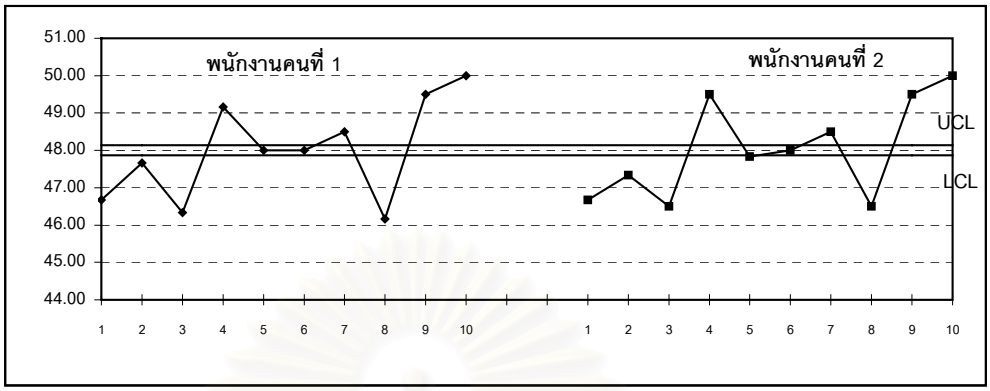
รูปที่ 7.10 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้ เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

(Sector Dial Gage)



รูปที่ 7.11 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ของพนักงานที่ใช้เครื่องทดสอบความแข็งยาง

(Rubber Hardness Tester)



7.12 เครื่องวัดความแข็ง (Hardness Tester)

จากการพิจารณาความสามารถของระบบการวัดในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่างแบบตัวต่อตัว โดยใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ซึ่งหากพิจารณาผลการทดสอบการวัดสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนนั้นจะพบว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มย่อย (หมายถึง การกำจัดความทวนซ้ำได้ออกไปแล้ว) จะอธิบายถึงความแตกต่างของสิ่งตัวอย่าง และเนื่องจากในแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ นั้น พิกัดควบคุมจะอธิบายความแตกต่างโดยสาเหตุธรรมชาติของแต่ละสิ่งตัวอย่างมากกว่าการอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งตัวอย่าง ดังนั้นเมื่อนำค่าเฉลี่ยของพนักงานวัดแต่ละคนมาพล็อตลงบน แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ พบว่า ค่า $\overline{X}$ ส่วนใหญ่ (มากกว่าครึ่งหนึ่งของ $\overline{X}$ ทั้งหมดซึ่งกำหนดตามมาตรฐาน QS 9000) ของพนักงานทุกคนออกนอกพิกัดควบคุม $\overline{X}$ แสดงว่าความผันแปรส่วนใหญ่มาจากความแตกต่างระหว่างสิ่งตัวอย่าง หมายความว่าความผันแปรของระบบวัดมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความผันแปรจากกระบวนการผลิต ดังนั้นระบบทั้งหมดนี้สามารถใช้ในการตรวจจับความแตกต่างของชิ้นงานได้

สรุปผลการปรับปรุงความแม่นยำของระบบการวัด

จากผลการปรับปรุงจนเครื่องวัดแบบข้อมูลวัดมีค่า % GR&R < 10 % แสดงให้เห็นว่าระบบการวัดด้วยเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้จำนวน 12 เครื่องมือ มีความผันแปรน้อยลง และมีประสิทธิภาพสูงเพียงพอในการใช้ควบคุมคุณภาพของชิ้นงานในการผลิต ทำให้การปรับปรุงคุณภาพสามารถขจัดความผันแปรเนื่องจากระบบการวัดได้ ทำให้โรงงานมุ่งพัฒนาความสามารถในการผลิตสิ้นค้าที่มีคุณภาพได้อย่างเต็มที่ และมีเครื่องมือวัดเป็นตัวสะท้อนให้เห็นคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานและของกระบวนการผลิตได้เป็นอย่างดี

7.2 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

จากผลการประเมินความแม่นยำของระบบวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับทั้งหมด จำนวน 10 เครื่องมือ พบว่ามี 3 เครื่องมือ(บทที่ 6 หัวข้อ 6.2) ได้แก่

1. Rivet Checking Fixture
2. Recliner Bracket Checking Fixture
3. Lever Slide Checking Fixture

มีค่า % ความทวนซ้ำได้ % ความไม่เอนเอียง % ประสิทธิผลด้านความทวนซ้ำได้ และ %ประสิทธิผลด้านเอนเอียง เท่ากับค่าตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด(100 %) ทุกเครื่องมือ สำหรับเครื่องมือที่เหลือ 7 เครื่องมือ
ได้แก่

1. Bracket Support Cable Checking Fixture
2. Lock Plate “E” Checking Fixture
3. Front Bracket Outer Checking Fixture
4. Support Bracket “E” Checking Fixture
5. Front Bracket “E” Checking Fixture
6. Rear Bracket Inner Checking Fixture
7. Plate Knuckle Checking Fixture

มีค่า % ความทวนซ้ำได้ % ความไม่เอนเอียง % ประสิทธิผลด้านความทวนซ้ำได้ และ % ประสิทธิผลด้านเอนเอียง ไม่เท่ากับค่าตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด(100 %) จึงได้ทำการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัดของเครื่องมือแบบข้อมูลนับ จำนวน 7 เครื่องมือ โดยแบ่งเป็นการดำเนินการปรับปรุงความสามารถของพนักงานให้ตรวจสอบชิ้นงานได้ถูกต้องกับพนักงาน และความสามารถในการตรวจสอบได้ซ้ำ ด้วยการฝึกอบรมให้พนักงานที่ใช้ที่มือวัดดังกล่าวทุกคนมีความเข้าใจในขั้นตอนและวิธีการตัดสินคุณภาพของชิ้นงาน ได้ตรงกับคุณลักษณะของชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบ ว่าลักษณะชิ้นงานที่ดี หรือ ชิ้นงานเสีย พร้อมทั้งจัดทำคู่มือเพื่อเป็นมาตรฐานการทำงาน และหลังจากได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว ได้ประเมินผลระบบการวัดของแต่ละเครื่องมือซ้ำซึ่งผลได้ดังนี้

การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ(หลังทำการปรับปรุง)

Bracket Support Cable Checking Fixture

จากผลการประเมินในตารางที่ 7.12 สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการวัดชิ้นงานได้ถูกต้องดังนี้

% ความทวนซ้ำได้

เมื่อทำการประเมิน %ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบ Bracket Support Cable Checking Fixture โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันของพนักงานแต่ละคน(โดยไม่สนใจผลความถูกต้องของการตรวจสอบ) ได้ผลว่าพนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\% \text{ ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

$$\% \text{ ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

$$\% \text{ ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานคนที่ 3} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

จากผลการทดสอบพนักงานทั้ง 3 คน มีค่า % ความทวนซ้ำได้ = 100 % แสดงว่าความสามารถในการตรวจสอบซ้ำของพนักงานแต่ละคนดีมาก

% ความไม่เอนเอียง

เมื่อทำการประเมิน % ความไม่เอนเอียง ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบ Bracket Support Cable โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและความถูกต้องตามคุณภาพแท้จริง ได้ผลของ พนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียง ของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียง ของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียง ของพนักงานคนที่ 3} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

จากผลการทดสอบพนักงานทั้ง 3 คน มีค่า % ความไม่เอนเอียง = 100% แสดงว่าความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องดีมาก

% ประสิทธิผล

เมื่อทำการประเมินประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบโดยรวม ทั้ง % ประสิทธิผลด้านความทวนซ้ำได้ ของระบบการตรวจสอบ และ % ประสิทธิผลด้านเอนเอียงของการตรวจสอบ โดยพิจารณาถึงการตรวจสอบพนักงานทุกคนตรวจได้ซ้ำและเหมือนกัน(โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องกับคุณภาพแท้จริง) และการพิจารณาว่า ที่ตรวจสอบได้ซ้ำเหมือนกันนั้นตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างงานหรือไม่ ได้ผลดังนี้

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้าน ความทวนซ้ำได้} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้าน เอนเอียง} = \frac{20}{20} \times 100\ \% = 100\%$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินค่า Gage Repreatability and Reproductability ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือวัด Bracket Support Cable C/F	ฝ่าย นำเข้า	วันที่ทำการทดลอง
เลขโค้ด NMF -1/20153	แผนก ประกันคุณภาพ	เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ตารางที่ 7.11 ผลการทดลองคุณภาพงานในระยะสั้นของ Bracket Support Cable C/F หลังการปรับปรุง

สิ่งตัวอย่าง	คุณภาพของชิ้นงาน	พนักงานตรวจสอบ		พนักงานตรวจสอบ		พนักงานตรวจสอบ	
		คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 3	
		1	2	1	2	1	2
1	G	G	G	G	G	G	G
2	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
3	G	G	G	G	G	G	G
4	G	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	G	G	G	G	G	G	G
8	G	G	G	G	G	G	G
9	G	G	G	G	G	G	G
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
11	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
12	G	G	G	G	G	G	G
13	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	G	G	G	G	G	G	G
16	G	G	G	G	G	G	G
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	G	G	G	G	G	G	G
19	G	G	G	G	G	G	G
20	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

ตารางที่ 7.12 การประเมินผลประสิทธิผล (effectiveness) ของระบบการตรวจสอบ Bracket Support Cable C/F หลังการปรับปรุง

สิ่งตัวอย่างงาน	คุณภาพแท้จริง	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกครั้งทุกคน
1	G	YES	YES
2	NG	YES	YES
3	G	YES	YES
4	G	YES	YES
5	NG	YES	YES
6	NG	YES	YES
7	G	YES	YES
8	G	YES	YES
9	G	YES	YES
10	NG	YES	YES
11	NG	YES	YES
12	G	YES	YES
13	NG	YES	YES
14	NG	YES	YES
15	G	YES	YES
16	G	YES	YES
17	NG	YES	YES
18	G	YES	YES
19	G	YES	YES
20	NG	YES	YES

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการประเมินค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งสามารถสรุปค่าที่คำนวณได้ทั้งหมดในตารางที่ 7.13

ตารางที่ 7.13 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	%ความทวนซ้ำได้			%ความไม่เอนเอียง			%ประสิทธิผล	
		พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3	พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3	ความทวนซ้ำได้	เอนเอียง
1.	Bracket Support Cable C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2.	Lock Plate “E” C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3.	Front Bracket Outer C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4.	Support Bracket “E” C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
5.	Front Bracket “E” C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
6.	Rear Bracket Inner C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7.	Plate Knuckle C/F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

สรุปผลการประเมินเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับหลังดำเนินการปรับปรุง

ระบบการสอบตรวจสอบชิ้นส่วนหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสำหรับ

1. Bracket Support Cable
2. Lock Plate “E”
3. Front Bracket Outer
4. Support Bracket “E”
5. Front Bracket “E”
6. Rear Bracket Inner
7. Plate Knuckle

โดยใช้ Checking Fixture มีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับชิ้นส่วนที่ไม่ได้คุณภาพเข้าสู่สายการผลิต เนื่องจากพนักงานทุกมีความเข้าใจในลักษณะคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงาน รวมทั้งมีความสามารถในการตรวจสอบชิ้นงานได้ถูกต้องและสามารถตรวจสอบซ้ำที่ให้ค่าถูกต้องตรงกับผลการตรวจสอบในครั้งแรก(จากผลการประเมิน) โดยสามารถลดความแตกต่างเนื่องจากความชำนาญในการใช้เครื่องมือวัดของพนักงานแต่ละคน และทำให้พนักงานแต่ละคนมีความสามารถในระดับที่เท่าเทียมกัน แต่ทั้งนี้จำเป็นต้องทำการรักษามาตรฐานและความสามารถดังกล่าวไว้ ถึงแม้ว่าเวลาจะผ่านไปหรือมีการเปลี่ยนพนักงานตรวจสอบใหม่ โดยทำการตรวจประเมินประสิทธิภาพในการ

ตรวจสอบและทำการประเมินผลการตรวจสอบอยู่เสมอตามระยะเวลาที่กำหนด และดำเนินการปรับปรุงคู่มือวิธีการใช้งานของเครื่องมือตรวจสอบที่ได้จัดทำขึ้น ให้ง่ายต่อความเข้าใจ และสะดวกในการใช้งานยิ่งขึ้นต่อไป พร้อมทั้งตรวจสอบขนาดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบต่าง ๆ ตามระยะเวลาที่ระบุในเอกสารการสอบเทียบเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยทั้งหมดโดยสรุป และได้นำข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเพื่อนำไปเป็นแนวทางในพัฒนาต่อไป

8.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากดำเนินการทดลองได้ทำการประเมินความสามารถของระบบการวัดของส่วนตรวจสอบของแผนกประกันคุณภาพโรงงานตัวอย่าง เพื่อศึกษาถึงชนิดและขนาดของความผันแปรของระบบการวัดในสภาวะแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และทำการลดและความผันแปรที่เกิดขึ้นเพื่อปรับปรุงระบบการวัด โดยแบ่งขั้นตอนดำเนินการประเมินเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นการประเมินเพื่อวิเคราะห์ความถูกต้อง โดยในขั้นตอนนี้เป็นการประเมินเพื่อทดสอบความสามารถด้านความถูกต้องของระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด พร้อมทั้งควบคุมให้ระบบมีความสามารถด้านความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตลอดการประเมินระบบวัดทั้งหมด ส่วนที่ 2 ได้ทำการประเมินผลด้านความแม่นยำของค่าวัดจากระบบการวัดซึ่งในขั้นตอนนี้จะกระทำหลังจากการระบบการวัดคุณสมบัติด้านความถูกต้องที่เหมาะสมแล้ว โดยแบ่งการเครื่องมือวัดที่ใช้ในการประเมินในส่วนนี้เป็น 2 ประเภทได้แก่ เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด และเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ ซึ่งสามารถสรุปผลของแต่ละขั้นตอนดังนี้

8.1.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องซึ่งประกอบด้วยตัวประเมินคุณสมบัติ 3 ประการ

- **การประเมินค่าเอนเอียง**

จากผลการประเมินค่าเอนเอียงของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดโดยการวัดชิ้นงานมาตรฐานโดยอาศัยแผนภูมิควบคุมจำนวน 12 เครื่องมือ ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 8.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.1 สรุปผลการประเมินคุณสมบัติด้านความเอนเอียงของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	%ความเอนเอียง
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	6.25%
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	8.33%
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	9.17%
4.	ไมโครมิเตอร์	1.67%
5.	ไดอัลเกจ	8.33%
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	7.50%
7.	เครื่องวัดแรงดึง	2.92%
8.	เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ	0.58%
9.	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	1.88%
10.	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	1.25%
11.	เครื่องวัดความแข็งยาง	2.00%
12.	เครื่องวัดความแข็ง	2.50%

จากตารางสรุปผลการประเมินค่าเอนเอียง พบว่าเครื่องมือวัดทุกเครื่องมือมีค่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับตามที่ระบุในมาตรฐาน QS-9000 คือค่าความเอนเอียงมีค่าน้อยกว่า 10 % ของค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลมของชิ้นงานมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินของแต่ละเครื่องมือ สรุปได้ว่าระบบการวัดของเครื่องมือวัดทุกเครื่องมือมีค่าความถูกต้องในระดับที่เหมาะสมสามารถใช้เครื่องมือดังกล่าวในการประเมินคุณสมบัติด้านอื่นต่อไป

- **การประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรง**

การประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรงเป็นการทดลองเพื่อหาย่านวัดที่เครื่องมือวัดสามารถวัดค่าได้มีความถูกต้องมากที่สุดโดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการหาย่านวัดของเครื่องมือวัดจำนวน 7 เครื่องมือ ซึ่งได้ผลการทดลองได้ตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 สรุปผลย่านวัดที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับย่านวัดที่ระบุบนเครื่องมือวัด

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	ย่านการวัดเดิม (ระบุบนเครื่องมือวัด)	ย่านการวัดที่ใช้ได้	%เชิงเส้นตรง
1.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	0-200 มิลลิเมตร	15.50-175.00 มิลลิเมตร	0.026%
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	0-300 มิลลิเมตร	3.00-285.02 มิลลิเมตร	0.004%
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	0-600 มิลลิเมตร	5.00-551.20 มิลลิเมตร	0.021%
4.	ไมโครมิเตอร์	0-25 มิลลิเมตร	1.98-24.03 มิลลิเมตร	0.069%
5.	ไดอัลเกจ	0-50 มิลลิเมตร	1.98-49.99 มิลลิเมตร	0.014%
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	0-10 มิลลิเมตร	1.98-10.00 มิลลิเมตร	0.419%
7.	เครื่องวัดความแข็ง	0-100 HR_C	42.50-52.50 มิลลิเมตร	ไม่ประยุกต์ใช้

ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลองทั้ง 7 เครื่องมือ มีย่านวัดที่สามารถใช้งานได้น้อยกว่าย่านวัดที่ระบุบนเครื่องมือวัดนั้น ซึ่งประโยชน์จากการประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรงทำให้ทราบย่านวัดที่จะนำเครื่องมือวัดไปใช้เพื่อให้เกิดความถูกต้องมากที่สุด โดยกำหนดเป็นมาตรฐานการใช้งานสำหรับเครื่องมือวัดทุกเครื่องมือเพื่อไม่ให้พนักงานนำเครื่องมือวัดที่ผ่านการประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรงไปใช้นอกย่านการวัดที่ระบุ

- **การประเมินความมีเสถียรภาพ**

การประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการหาระยะเวลาที่เครื่องมือวัดต้องได้รับการสอบเทียบของเครื่องมือวัดได้เหมาะสมกับเวลาและการใช้งานจริง โดยอาศัยแผนภูมิควบคุม ในการทดลองได้เลือกเครื่องมือวัดที่ใช้ประเมินจำนวน 11 เครื่องมือ ซึ่งแสดงผลได้ดังตารางที่ 8.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.3 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่เครื่องมือวัดได้รับการสอบเทียบแบบเดิม กับแบบประเมินด้วยแผนภูมิควบคุม

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	ช่วงเวลาแบบเดิม (กำหนดไว้ทุก 6 เดือน)	ช่วงเวลาที่ได้จากแผนภูมิควบคุม
1.	เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์	180 วัน	197 วัน
2	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	180 วัน	223 วัน
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	180 วัน	229 วัน
4.	ไมโครมิเตอร์	180 วัน	214 วัน
5.	ไดอัลเกจ	180 วัน	161 วัน
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	180 วัน	158 วัน
7.	เครื่องวัดแรงดึง	180 วัน	185 วัน
8.	เครื่องวัดความสูงล็อกเกียร์	180 วัน	223 วัน
9.	เครื่องวัดความสูงเซ็กเตอร์เกียร์	180 วัน	245 วัน
10.	เครื่องทดสอบความแข็งยาง	180 วัน	199 วัน
11.	เครื่องทดสอบความแข็ง	180 วัน	240 วัน

หมายเหตุ การคำนวณประมาณค่า 1 เดือน เท่ากับ 30 วัน

จากผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้กำหนดการสอบเทียบแบบคงที่กับการทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดตามระยะเวลาจริง ปรากฏว่าเครื่องมือส่วนใหญ่ที่ใช้ในการทดลอง มีช่วงเวลาสอบเทียบยาวนานกว่าช่วงเวลาการสอบเทียบเดิมที่กำหนด ยกเว้นไดอัลเกจและไดอัลเกจวัดความหนา ผลที่ได้รับจากการทดลองทำให้ทราบระยะเวลาที่ต้องทำการสอบเทียบที่ถูกต้อง และประโยชน์ที่ได้รับสำหรับเครื่องมือวัดที่มีอายุการใช้งานนานกว่าระยะเวลาการสอบเทียบที่ระบุคือขยายเวลาที่โรงงานต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดและสามารถใช้เครื่องมือนั้นต่อไปโดยไม่ต้องนำเครื่องมือวัดนั้นไปสอบเทียบและไม่ต้องจัดเครื่องมือวัดอื่นมาทดแทนก่อนถึงเวลาอันควรกรณีที่เครื่องมือวัดถูกนำส่งสอบเทียบนอกโรงงานนั้น วิธีการหาระยะเวลาสอบเทียบวิธีนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากค่าบริการสอบเทียบของสถาบันสอบเทียบต่าง ๆ ในระยะยาว แต่สำหรับเครื่องมือวัดที่ถึงเวลาการสอบเทียบก่อนระยะเวลาสอบเทียบที่กำหนดแบบคงที่(ไดอัลเกจและไดอัลวัดความหนา)แสดงว่าเครื่องมือดังกล่าวขาดคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพก่อนที่จะได้รับการสอบเทียบจึงไม่ควรนำเครื่องมือวัดนี้ไปใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานในการผลิต และเป็นประโยชน์ในการป้องกันความคลาดเคลื่อนของการตรวจสอบชิ้นงานจากเครื่องมือวัดที่ไม่ได้คุณภาพ ซึ่งเป็นผลดีต่อระบบประกันคุณภาพ

8.1.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งเครื่องมือวัดที่ใช้ในการประเมิน 2 ประเภทได้แก่ เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด ประกอบด้วยเครื่องมือวัดจำนวน 12 เครื่องมือ และเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับประกอบด้วยเครื่องมือวัดจำนวน 10 เครื่องมือ ซึ่งสรุปผลการประเมินได้ดังนี้

- **เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด**

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการ GR&R ในการประเมินผลด้านความแม่นยำของระบบการวัด โดยทำเลือกเครื่องมือวัดมาทำการประเมินทั้งสิ้น 12 เครื่องมือ และกำหนดให้ %GR&R < 10 % เป็นเกณฑ์ที่ยอมรับโดยไม่ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัด จากผลการประเมินระบบการวัดในสภาวะที่เป็นอยู่ในปัจจุบันพบว่าเครื่องมือวัดทุกเครื่องมี %GR&R สูงกว่า 10 % จึงได้ดำเนินการศึกษาวิเคราะห์สาเหตุ พบว่าระบบการวัดโดยส่วนใหญ่มีสาเหตุความผันแปรมาจากพนักงานวัด จึงได้ทำการดำเนินการปรับปรุงในส่วนของพนักงานวัด ได้แก่ ขั้นตอนและวิธีการวัด พร้อมทั้งได้จัดการฝึกอบรมให้พนักงานที่ใช้เครื่องมือวัดดังกล่าวในการตรวจสอบชิ้นงาน มีความเข้าใจใน ขั้นตอนวิธีการวัดและมาตรฐานการตรวจสอบที่ถูกต้องโดยจัดทำคู่มือวิธีการใช้และตรวจสอบสำหรับเครื่องมือวัดทุกเครื่องมือร่วมถึงวิธีการบำรุงรักษาเพื่อให้เครื่องมือคงสภาพพร้อมใช้งาน หลังจากนั้นได้ดำเนินการประเมินผลหลังการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง จน % GR&R มีลดลงตามลำดับและอยู่ในเกณฑ์การยอมรับทุกเครื่องมือ ซึ่งผลการประเมินจะแสดงในตารางที่ 8.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.4 การเปรียบเทียบ % GR&R ก่อนดำเนินการปรับปรุงและหลังดำเนินการปรับปรุงสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	% GR&R ก่อนการปรับปรุง	% GR&R หลังการปรับปรุง		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1.	เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์	44.39	34.85	19.39	7.24
2.	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	41.14	27.44	19.33	4.9
3.	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	52.19	26.35	18.43	7.1
4.	ไมโครมิเตอร์	50.49	32.55	6.75	-
5.	ไดอัลเกจ	27.83	19.63	11.90	8.9
6.	ไดอัลเกจวัดความหนา	20.11	14.25	8.62	-
7.	เครื่องวัดแรงดึง	94.01	43.28	18.54	8.98
8.	เครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ	26.72	13.78	12.06	7.9
9.	เครื่องวัดความสูงล็อกเกียร์	41.03	27.82	21.81	9.07
10.	เครื่องวัดความสูงเซ็คเตอร์เกียร์	28.39	14.00	8.82	-
11.	เครื่องทดสอบความแข็งยาง	90.21	52.65	23.80	10.73
12.	เครื่องทดสอบความแข็ง	80.42	35.06	22.71	10.25

- **เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ**

สำหรับการประเมินค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำเลือกเครื่องมือวัดมาทำการประเมินจำนวน 10 เครื่องมือ โดยที่มาตรฐานกำหนดให้ค่า %ความทวนซ้ำ %ความไม่เอนเอียง %ประสิทธิผลด้านเอนเอียง และ %ประสิทธิผลด้านความทวนซ้ำ มีเท่ากับ 100 % จากผลการประเมินระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับในสภาวะปัจจุบัน มีค่า %ความทวนซ้ำ %ความไม่เอนเอียง %ประสิทธิผลด้านเอนเอียง และ %ประสิทธิผลด้านความทวนซ้ำ มีค่าน้อยกว่า 100 % จำนวน 7 เครื่องมือ พร้อมทั้งจำแนกสาเหตุของปัญหาของระบบการวัดสำหรับแต่ละเครื่องมือ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุดังตารางที่ 8.5

ตารางที่ 8.5 สรุปสาเหตุปัญหาของระบบการตรวจสอบชิ้นงานด้วย Checking Fixture

ลำดับ	เครื่องมือวัด	ประเภทชิ้นที่มีปัญหา	ปัญหาด้านความทวนซ้ำ			ปัญหาด้านไม่เอนเอียง		
			พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3	พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3
1.	Rivet C/F	--	--	--	--	--	--	--
2.	Bracket Support Cable C/F	ก้ำกึ่ง	✓	--	--	✓	✓	✓
3.	Recliner Bracket C/F	---	--	--	--	--	--	--
4.	Lock Plate “E” C/F	เสีย/ก้ำกึ่ง	✓	✓	✓		✓	✓
5.	Front Bracket Outer C/F	ก้ำกึ่ง	--	✓	✓	--	✓	✓
6.	Support Bracket “E” C/F	เสีย/ก้ำกึ่ง	--	✓	✓	--	✓	✓
7.	Front Bracket “E” C/F	ก้ำกึ่ง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8.	Rear Bracket Inner C/F	ก้ำกึ่ง	✓	--	--	✓	--	✓
9.	Lever Slide C/F	--	--	--	--	--	--	--
10	Plate Knuckle C/F	เสีย	✓	--	--	✓	✓	--

หมายเหตุ ✓ **แสดงว่าระบบวัดมีปัญหาด้านที่ระบุ**
-- **แสดงว่าระบบวัดไม่มีปัญหาด้านที่ระบุ**

เนื่องจากเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับจัดเป็นเครื่องมือที่มีขั้นตอนวิธีการตรวจสอบหลายขั้นตอน และต้องตัดสินผลการตรวจสอบจากมาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงาน แต่ละเครื่องมือวัดจึงจำเป็นต้องอาศัยความชำนาญของพนักงานแต่ละคน จึงได้ทำการอบรมให้พนักงานทุกคนที่ใช้เครื่องมือวัดดังกล่าว มีความเข้าใจขั้นตอนและวิธีการตรวจสอบที่ถูกต้องสอดคล้องกันทุกคนโดยลดความแตกต่างของความสามารถของพนักงานแต่ละคน พร้อมทั้งจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการใช้และวิธีการตัดสินชิ้นงานเสีย และชิ้นงานดี หลังจากนั้นทำการประเมินผลหลังทำการปรับปรุงพบว่าระบบการตรวจสอบของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ มีค่าความถูกต้องและความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรงตามเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งแสดงผลการเปรียบเทียบค่า%ประสิทธิผลก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.6 การเปรียบผลการการประเมินสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
		ประสิทธิภาพ		ประสิทธิภาพ	
		ความทวนซ้ำได้	เอนเอียง	ความทวนซ้ำได้	เอนเอียง
1.	Rivet C/F	100%	100%	100%	100%
2.	Bracket Support Cable C/F	90%	80%	100%	100%
3.	Plate Knuckle C/F	100%	100%	100%	100%
4.	Lock Plate “E” C/F	80%	80%	100%	100%
5.	Front Bracket Outer C/F	85%	85%	100%	100%
6.	Support Bracket “E” C/F	80%	80%	100%	100%
7.	Front Bracket “E” C/F	85%	85%	100%	100%
8.	Rear Bracket Inner C/F	95%	95%	100%	100%
9.	Lever Slide C/F	100%	100%	100%	100%
10.	Plate Knuckle C/F	95%	95%	100%	100%

บทสรุปการวิเคราะห์ความแม่นยำ

จากการเปรียบเทียบผลการประเมินก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขของเครื่องวัดแบบข้อมูลวัดพบว่าค่า % GR&R ลดลงตามลำดับและมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยที่ค่าความผันแปรของระบบการวัดมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความผันแปรของระบบการผลิต ส่วนเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับเมื่อประเมินผลการตรวจสอบหลังทำการฝึกอบรม พนักงานจะมีความสามารถในการตรวจสอบได้เหมือนกันตามคุณลักษณะของชิ้นงานได้ทุกครั้งที่ทำการตรวจสอบ ซึ่งจากผลการปรับปรุงของเครื่องมือวัดทั้ง 2 ประเภท ทำให้สร้างความเชื่อมั่นในระบบการวัดมากขึ้น และสามารถใช้ระบบวัดที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบและกลั่นกรองไม่ให้ของเสียเข้าสู่สายการผลิตด้วยการตรวจสอบการนำเข้า และของเสียในระหว่างการผลิตจากการตรวจสอบในระหว่างการผลิต เป็นการสร้างระบบประกันคุณภาพที่มีประสิทธิภาพให้กับระบบการผลิตโรงงาน

8.2 ข้อเสนอแนะ

8.2.1 ชิ้นงานทดสอบ

ในการศึกษาได้มีข้อจำกัดและอุปสรรคเกี่ยวกับการหาชิ้นงานทดสอบแบ่งเนื่องจากการวิเคราะห์ระบบการวัดจำเป็นต้องใช้ชิ้นงานในการทดสอบที่มีความถูกต้องสูง และหลายขนาด โดยเฉพาะในการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวัดจำเป็นต้องใช้ชิ้นงานที่มีขนาดต่าง ๆ กัน ครอบคลุมตลอดย่านวัด โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการจัดทำชิ้นงานขึ้นบางส่วน(เฉพาะชิ้นงานที่โรงงานผลิตได้เอง) เช่น เกจขั้นบันได(Step Block) และ เกจวัดระยะรู(Hole Gage) ซึ่งมีข้อจำกัดด้านขนาด ทำให้ผลจากการทดลองเพื่อหาย่านวัดของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการศึกษาอาจสามารถขยายขนาดย่านวัดที่อนุญาติให้ใช้งานได้อีก เช่น ในการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ ได้ย่านวัดที่อนุญาติให้นำไปใช้งานได้ เท่ากับ 15.5 – 175.0 มิลลิเมตร โดยชิ้นงานชิ้นสุดท้ายที่ใช้เป็นชิ้นงานอ้างอิงของย่านวัดด้านบนที่ทำให้ชิ้นงานมีค่า $R^2 < 75$ % คือ 190.55 มิลลิเมตรจึงทำให้สรุปว่าชิ้นงานที่ทำให้ค่า $R^2 > 75$ % คือ 175.0 มิลลิเมตร ซึ่งถ้าได้ทำการหาชิ้นงานที่มีค่าระหว่าง 175.0 –190.55 มาใช้ในการทดลองอาจเพิ่มขนาดย่านวัดที่ใช้งานได้ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้ที่มีค่ามากว่า 175.0 มิลลิเมตรได้ เป็นต้น

8.2.2 การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ

- จากการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดโดยอาศัยแผนภูมิควบคุม มาใช้ในการตรวจจับความผิดปกติของเครื่องมือวัด พบว่าความไวในการตรวจจับความผิดปกติของเครื่องมือวัดดังกล่าวไม่สามารถกระทำได้อย่างทันที จำเป็นต้องอาศัยขั้นตอนในการค้นหาสาเหตุของความผิดปกตินั้นว่ามาจากสาเหตุผิดปกติมาจากปัจจัยภายในของระบบการวัดหรือไม่ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีการประเมินผล Gage Repeatability and Reproducibility ด้วยวิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัยเพื่อค้นหาสาเหตุ จำเป็นต้องทำการทดลองและประเมินผล ที่ต้องใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน ทำให้เครื่องมือดังกล่าวไม่ได้ถูกนำใช้งาน ถ้าเครื่องมือวัดดังกล่าวยังมีความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน อาจเสียเวลาหรือต้องหาเครื่องมือวัดทดแทนเครื่องมือวัดที่อยู่ระหว่างการวิเคราะห์ ดังนั้นจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมเพื่อทำการประเมินผลเสมอและควรใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณเพื่อลดเวลาการวิเคราะห์สาเหตุให้สั้นที่สุด

- ในการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเสถียรภาพของเครื่องมือวัดมีประโยชน์ในการหาช่วงเวลาเพื่อทำการสอบเทียบได้ตรงกับเวลาที่เครื่องมือวัดมีการเสื่อมสภาพจริง แต่การประเมินจำเป็นต้องอาศัยการเก็บข้อมูลเป็นเวลานาน ดังนั้นจึงควรใช้การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือ

วัดเพื่อหาอายุการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องมือวัดต่อการสอบเทียบแต่ละครั้ง(เหมาะกับเครื่องมือวัดที่มีการใช้งานอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลาเท่า ๆ กัน) ซึ่งจะมีอายุการใช้งานแต่ละครั้งหลังจากทำการสอบเทียบใกล้เคียงกัน แล้วทำการกำหนดเป็นระยะเวลาในการสอบเทียบคงที่ เพื่อลดการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลานาน แต่สำหรับเครื่องมือวัดที่มีจำนวนครั้งการใช้งานที่ไม่คงที่ จึงเหมาะที่ใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจจับความผิดปกติของเครื่องมือ เนื่องจากไม่สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาในการสอบเทียบแบบคงที่ได้

8.2.3 การดำเนินการสำหรับเครื่องมือวัดใหม่และชำรุด

ในการปฏิบัติเพื่อให้ระบบวัดที่ได้ทำการปรับปรุงแล้วคงอยู่ในสภาพว่าที่เหมาะสมจำเป็นต้องทำให้เกิดระบบการทำงานที่มีมาตรฐาน ดังนั้นเมื่อต้องการเพิ่มเครื่องวัดใหม่และเมื่อเครื่องมือที่ใช้อยู่เกิดการชำรุดเสียหาย จึงได้เสนอขั้นตอนการดำเนินการตามแผนผังรูปที่ 8.1

8.2.4 การรักษาระดับมาตรฐานการตรวจสอบ

- **เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด**

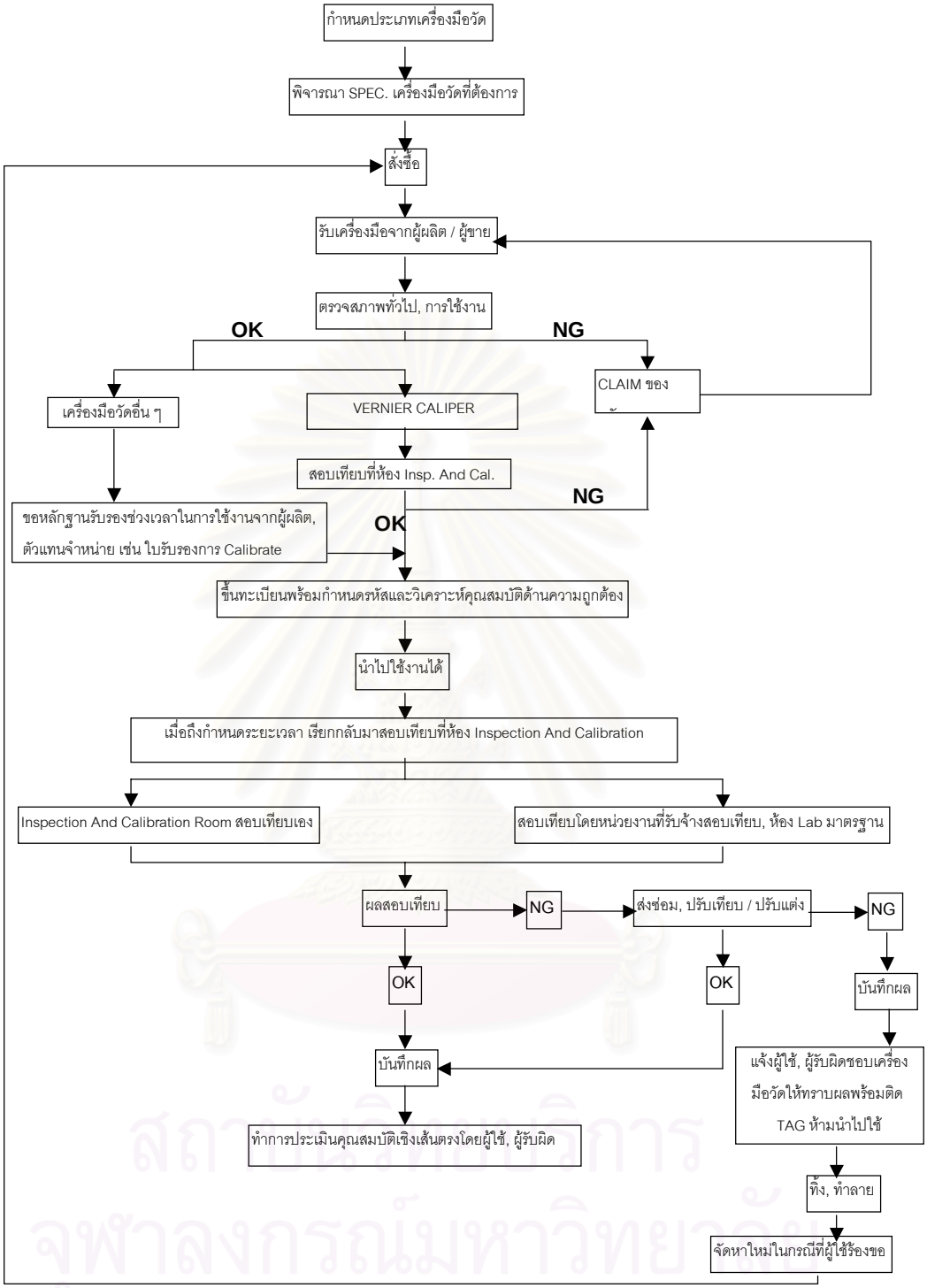
ผลจากการปรับปรุงระบบการวัดทำให้ระบบการวัดมีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้น จนมีค่าความผันแปรต่าง ๆ น้อยลงและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงจำเป็นต้องรักษาระบบวัดดังกล่าวให้คงสภาพพร้อมใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพตลอดเวลา จึงได้กำหนดวิธีการปฏิบัติสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดโดยเสนอขั้นตอนเพื่อเป็นแนวทางดังรูปที่ 8.2 ซึ่งแนวทางที่ได้เสนอแนะนี้กำหนดให้มีการประเมินระบบการวัดทุก 4 เดือน เป็นเพียงการกำหนดช่วงระยะเวลาในขั้นต้นของการปรับปรุงระบบการวัด ทั้งนี้ถ้าผลจากประเมินของเครื่องมือวัดยังอยู่ในเกณฑ์การยอมรับสามารถขยายเวลาการประเมินซ้ำให้นานขึ้น เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย

- **เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ**

สำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ลำดับขั้นตอนการทำงานเป็นหลักซึ่งได้กำหนดมาตรฐานการทำงานตามที่ได้เสนอในคู่มือการใช้เครื่องมือวัด แต่จำเป็นต้องทำการประเมินผลซ้ำเพื่อให้เกิดความมั่นใจในระบบการตรวจสอบ โดยปกติการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับนั้นจะอยู่ในส่วนของส่วนนำเข้า(Incoming Section) และในปัจจุบันบริษัทมีพนักงานแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ แบบประจำ และแบบชั่วคราว ดังนั้นจึงได้แบ่งการประเมินผลระบบการวัดซ้ำเป็นแบบ ตรวจสอบทุก 6 เดือนสำหรับพนักงานประจำ และมีการตรวจประเมิลผลเมื่อมีการอบรมพนักงานใหม่ สำหรับการประเมินผลระบบการวัดซ้ำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

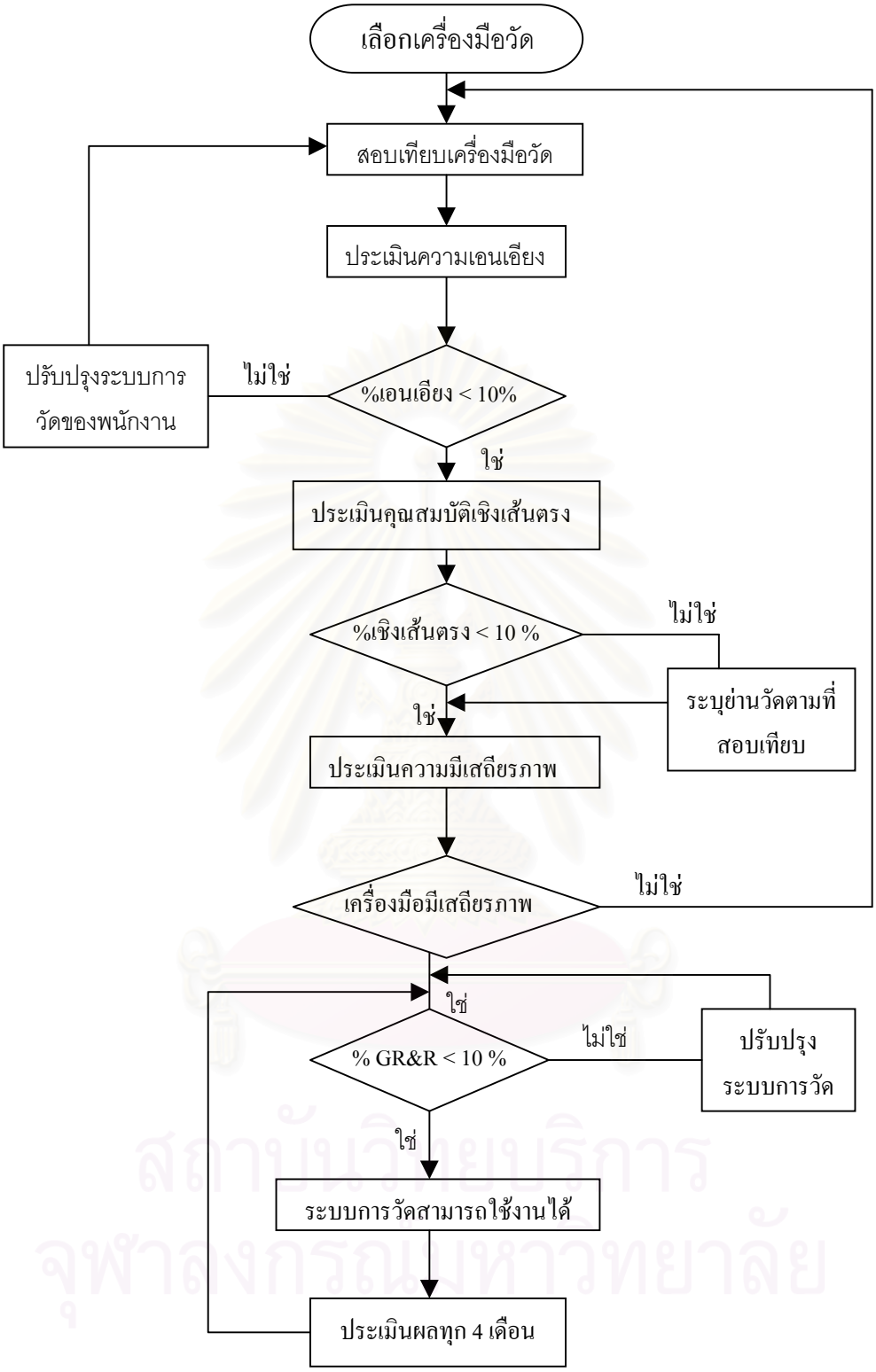
ได้เสนอให้มีระยะนานกว่าเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด เนื่องจากปัญหาของระบบวัดนี้ก่อนทำการปรับปรุงแก้ไขคือ พนักงานวัดแต่ละคนขาดความเข้าใจในวิธีการวัดหรือมีความเข้าใจวิธีการตรวจสอบที่ไม่สอดคล้องกัน แต่เมื่อได้ทำการฝึกอบรมให้พนักงานเข้าใจแล้ว ระบบวัดจึงมีประสิทธิภาพได้นานกว่า ถ้าพนักงานตรวจยังคงใช้งานกับเครื่องมือนั้นเป็นประจำ ดังนั้นในการประเมินซ้ำครั้งต่อไปสามารถขยายเวลาการประเมินผลซ้ำเช่นเดียวกับเครื่องวัดแบบข้อมูลวัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Remark : กรณีที่มีการ CLAIM เครื่องมือวัดที่รับจากผู้ผลิตหรือผู้ขายต้องเป็นของใหม่เท่านั้น ไม่ใช่นำไปซ่อมแซมแล้วส่งกลับมา

รูปที่ 8.1 แสดงขั้นตอนการจัดการเครื่องมือวัด



รูปที่ 8.2 แสดงการจัดการระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2541. ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน:คิวซีเซอร์เคิล. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ส.เอเซียเพรส จำกัด. กรุงเทพ ฯ.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2542. การวิเคราะห์ระบบการวัด. พิมพ์ครั้งที่ 1. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพ ฯ.

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.เอกสารทางวิชาการเรื่องเครื่องมือวัดและการควบคุมการบวนการผลิตในอุตสาหกรรม.(อัดสำเนา)

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. 2532. การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา. บริษัท ส.เอเซียเพรส จำกัด. กรุงเทพ ฯ.

มณิศรา โรจนนาค.2540.การพัฒนาระบบสารสนเทศและกระบวนการสอบเทียบสำหรับเครื่องตรวจสอบเครื่องมือวัดและเครื่องทดสอบ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมภพ ตลับแก้ว. 2539. การกำหนดวิธีการควบคุมการแปรผันในระบบการวัด โดยใช้ Gage Repeatability and Reproducibility (GRR). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมโภชน์ บุญสนิท. 2538. “ การสอบเทียบไมโครมิเตอร์และเวอร์เนียร์เนียรคาลิเปอร์.” เอกสารประกอบการบรรยาย ณ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

สมนึก เลียบมา. 2538. การรับประกันคุณภาพชิ้นงานวัตถุดิบก่อนกระบวนการผลิตในโรงงานประกอบด้วยผลิตภัณฑ์หัวอ่านและบันทึกหน่วยความจำแบบจานแม่เหล็กแข็ง วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สรุนิตย์ ชาลีคาร. 2539. การปรับปรุงระบบการควบคุมเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบเพื่อการประกันคุณภาพ สำหรับโรงงานผลิตพทาลิก แอนไฮไดรด์ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รายการอ้างอิง(ต่อ)

ภาษาอังกฤษ

Automative Industry Action Group (AIAG) (1995). Measurement System Analysis (MSA). 2nd ed. Michigan. USA.

Automative Industry Action Group (AIAG) (1994). Quality System Assessment (QSA). Michigan. USA.

Montgomery D.C. (1996) Introduction to Statistical Quality Control 3rd ed. John wiley & Sons. New York.USA.

British Standards Institution.1995. BritishStandard Specification For ExternalMicometers B.S. 870:1995.USA.

British Standards Institution.1965. BritishStandard Specification For Dial Gage For Linear Mearsurement B.S.907:1965.USA.

Internationnal Oraganization For Standard.1976.International Standard ISO 3599 Verneir Caliper Reading to 0.1 and 0.05 mm.USA.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

อธิบายคำศัพท์และประมวลคำย่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อธิบายคำศัพท์

การวิเคราะห์ความแปรปรวน	หมายถึง วิธีการเชิงสถิติเพื่อประเมินข้อมูลจากการทดลองที่ได้ออกแบบไว้
เครื่องวัดแบบข้อมูลนับ	หมายถึง เครื่องมือวัดที่ให้ผลการวัดเป็นข้อมูลคุณภาพซึ่งโดยปกติแล้วแสดงให้ผลการตัดสินใจเป็น ดี เสีย ของชิ้นส่วนที่เป็นไปตามกำหนด และ จำนวนของชิ้นส่วนที่ไม่เป็นไปตามกำหนด
ค่าเฉลี่ย	คือ ผลลัพธ์ของค่าเชิงตัวเลขในตัวอย่าง ซึ่งถูกหารด้วยจำนวนครั้งที่สังเกตุการณ์
แผนภูมิควบคุม	ได้แก่วิธีเชิงกราฟว่ากระบวนการอยู่ไม่อยู่ในสภาวะที่ควบคุมเชิงสถิติได้(มีเสถียรภาพ)การตัดสินสภาพดังกล่าว กระทำโดยเปรียบเทียบค่าของมาตรการเชิงสถิติ ซึ่งคำนวณจากข้อมูลที่มีขีดจำกัดควบคุม
แผนภูมิ $\overline{X}$	ได้แก่ แผนภูมิควบคุมที่ถือเอาค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อยเป็นมาตรการเชิงสถิติ โดยได้รับการคำนวณและลงจุด
แผนภูมิ $\overline{R}$	ได้แก่ แผนภูมิควบคุมที่ถือเอาพิสัยของกลุ่มย่อยเป็นมาตรการเชิงสถิติ โดยได้รับการคำนวณและการลงจุด
ขีดจำกัดควบคุม	ได้แก่เส้นบนแผนภูมิควบคุม ซึ่งใช้เป็นมูลฐานในการพิจารณาตัดสินว่าชุดของค่าอยู่หรือไม่อยู่ในสภาวะที่ควบคุมเชิงสถิติได้ (มีเสถียรภาพ) ขีดจำกัดเหล่านี้คำนวณมาจากข้อมูลการบวนการโดยไม่มีความสัมพันธ์กับขีดจำกัดของข้อมูลจำเพาะวิศวกรรม
ข้อมูล	ข้อมูลตัวแปร หมายถึง การวัดชิ้นส่วนตัวอย่าง ข้อมูลตามลักษณะ หมายถึง คุณภาพและผลการทดสอบผ่าน/ไม่ผ่านของชิ้นส่วนตัวอย่าง
ความแม่นยำของเครื่องมือวัด	หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่สังเกตได้จากการวัดและค่าเฉลี่ยหลัก (master average)ของชิ้นส่วนชิ้นเดียวกัน โดยใช้เครื่องวัดที่มีความเที่ยงตรง
ความทวนซ้ำได้	หมายถึง ความแปรผันในการวัด ซึ่งได้มาจากการใช้เกจตัวเดียวกัน วัดลักษณะ วัดลักษณะใดลักษณะหนึ่งของชิ้นส่วนชิ้นหนึ่งหลาย ๆ ครั้ง โดยใช้ผู้วัดคนเดียวกัน

ความทำซ้ำได้	หมายถึง การแปรผันในค่าเฉลี่ยของการวัดที่เกิดขึ้น จากการใช้เกจตัวเดียวกัน วัดลักษณะเดียวกันของชิ้นส่วนชิ้นเดียวกัน โดยใช้ผู้วัดต่างกัน
อยู่ในการควบคุม	หมายถึงสภาวะของกระบวนการเมื่อแสดงให้เห็นเฉพาะการแปรผันสุ่ม(ซึ่งตรงข้ามกันการแปรเชิงระบบ และหรือ การแปรผันที่มีแหล่งซึ่งกำหนดได้)
ขีดจำกัดควบคุมล่าง(LCL)	สำหรับแผนภูมิควบคุม ขีดจำกัดควบคุมล่าง ได้แก่ขีดจำกัดที่อยู่เหนือระดับซึ่งยังสามารถคงการควบคุมกระบวนการไว้ได้
ภาวะอยู่นอกควบคุม	หมายถึง สภาวะที่อธิบายถึงกระบวนการจากสาเหตุพิเศษทั้งหมดของการแปรผันที่ไม่ได้ถูกจำกัดสภาวะนี้ เป็นสิ่งที่ยืนยันในแผนภูมิควบคุม โดยความเป็นปัจจุบันของจุดที่อยู่ภายใต้ขีดจำกัดควบคุมหรือโดยแบบซึ่งไม่ใช่การสุ่มภายในขีดจำกัดควบคุม
พิสัย	ได้แก่ ความแตกต่างระหว่างค่าที่เล็กที่สุดและค่าที่ใหญ่ที่สุด ในชุดของการสังเกตการณ์
การวิเคราะห์ความถดถอย	ได้แก่ การคำนวณเพื่อกำหนดความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างตัวแปรตั้งแต่สองขึ้นไป
สาเหตุความผิดพลาด	หมายถึง แหล่งไม่ต่อเนื่องของการแปรผันซึ่งคาดการณ์ไม่ได้หรือไม่มีเสถียรภาพ บางครั้งเรียก โดยใช้คำว่า “ สาเหตุที่บ่งได้ “ สาเหตุพิเศษนี้รับรู้ได้จากจุดภายใต้ขีดจำกัดควบคุม หรือการเดินเครื่องหรือรูปแบบที่ไม่ใช่การสุ่มอื่น ๆ ของจุดภายในขีดจำกัดควบคุม
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ได้แก่ มาตรการของการกระจายของชุดของค่าเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย
สถิติ	ได้แก่ ค่าที่คำนวณได้ ซึ่งอธิบายลักษณะตอบสนองสำหรับประชากร
เกณฑ์การยอมรับ	หมายถึง การแปรผันจากมาตรฐานซึ่งสามารถยอมรับได้ อันได้แก่ พิสัยของการแปรผันเกี่ยวกับค่าระบุที่ได้รับการอนุมัติแล้ว เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่อนุมัติแล้ว ได้แก่ความแตกต่างระหว่างขีดจำกัดข้อกำหนดบนและล่าง ซึ่งขีดจำกัดข้อกำหนดนั้นไม่ควรขัดแย้งกับขีดจำกัดควบคุม
ขีดจำกัดควบคุม(UCL)	สำหรับแผนภูมิควบคุม ขีดจำกัดควบคุมบนได้แก่ ขีดจำกัดที่อยู่ใต้ระดับซึ่งยังสามารถคงการควบคุมกระบวนการไวได้

เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด	หมายถึง เครื่องมือวัดที่แสดงค่า การวัดจากสเกลที่ต่อเนื่อง
การผันแปร	หมายถึง การเปลี่ยนแปลงในค่าของลักษณะที่วัด แหล่งของการแปรผันสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มได้สองระดับหลัก ๆ คือ สาเหตุปกติ และสาเหตุความผิดพลาด

ประมวลคำย่อ

ANOVA	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ย่อมาจาก Analysis of Variance)
DF	ระดับชั้นอิสระ (ย่อมาจาก Degree of Freedom)
EV	ความผันแปรที่มาจากเครื่องมือ(ย่อมาจาก Equipment Variable)
LCL	พิกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านล่าง
MS	มัชฌิมกำลังสอง
PV	ความผันแปรระหว่างชิ้นส่วน(ย่อมาจาก Part to Part Variation)
GR&R	ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัด
SS	ผลรวมกำลังสอง
TV	ความผันแปรในกระบวนการ(ย่อมาจาก Process Variation)
USL	พิกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านบน

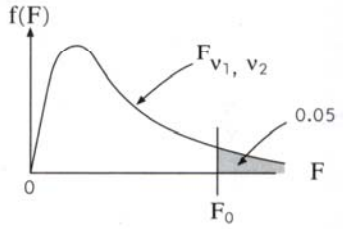
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตารางค่าที่ใช้ในการคำนวณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ค่าคงที่ F ภายใต้ค่าความน่าจะเป็น 0.05 ที่มากกว่าค่าที่กำหนด



ν_2 \ ν_1	DF ของตัวตั้ง: ν_1																		
DF ของตัวหาร: ν_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.55	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

ตารางที่ 2 ค่าคงที่ d^*_2 สำหรับการประมาณ σ โดย $\overline{R}$

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

n = ขนาดของกลุ่มย่อย d_2 = พิกัดของ d_2^*

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

Δν = ส่วนเพิ่มขององศาความอิสระต่อกลุ่มย่อยที่เพิ่มขึ้น

	n = 2		n = 3		n = 4		n = 5		n = 6	
k	ν	d_2^*	ν	d_2^*	ν	d_2^*	ν	d_2^*	ν	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
Δν	0.88		1.82		2.74		3.62		4.47	
d_2		1.128		1.693		2.059		2.326		2.534

$$d_2^* \equiv d_2 + \frac{d_2}{4\nu}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 (ต่อ)

	n = 7		n = 8		n = 9		n = 10		n = 11	
k	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*
1	5.5	2.827	6.3	2.961	7.0	3.076	7.7	3.178	8.4	3.268
2	10.8	2.767	12.3	2.905	13.8	3.024	15.2	3.129	16.5	3.221
3	16.1	2.746	18.3	2.886	20.5	3.006	22.6	3.112	24.6	3.205
4	21.3	2.736	24.4	2.876	27.3	2.997	30.1	3.104	32.7	3.197
5	26.6	2.729	30.4	2.870	34.0	2.992	37.5	3.098	40.9	3.192
Δv	5.26		6.03		6.75		7.46		8.13	
d_2		2.704		2.847		2.970		3.078		3.173

	n = 12		n = 13		n = 14		n = 15		n = 16	
k	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*
1	9.0	3.348	9.6	3.423	10.2	3.490	10.8	3.552	11.4	3.610
2	17.8	3.304	19.0	3.380	20.2	3.449	21.3	3.513	22.5	3.571
3	26.6	3.289	28.4	3.365	30.2	3.435	31.9	3.499	33.6	3.558
4	35.3	3.281	37.8	3.358	40.2	3.428	42.4	3.492	44.7	3.552
5	44.1	3.276	47.2	3.354	50.2	3.424	52.9	3.488	55.8	3.548
Δv	8.77		9.39		9.90		10.57		11.11	
d_2		3.258		3.336		3.407		3.472		3.532

	n = 17		n = 18		n = 19		n = 20		n = 21	
k	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*
1	11.9	3.663	12.4	3.713	12.9	3.760	13.4	3.805	13.9	3.846
2	23.6	3.626	24.6	3.677	25.6	3.725	26.5	3.770	27.5	3.812
3	35.2	3.613	36.8	3.665	38.2	3.713	39.6	3.759	41.1	3.801
4	46.9	3.607	48.9	3.659	50.9	3.707	52.7	3.753	54.7	3.795
5	58.5	3.603	61.1	3.655	63.6	3.704	65.9	3.749	68.4	3.792
Δv	11.66		12.17		12.66		13.12		13.62	
d_2		3.588		3.640		3.689		3.735		3.788

	n = 22		n = 23		n = 24		n = 25		n = 30	
k	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*	v	d_2^*
1	14.3	3.886	14.8	3.923	15.2	3.959	15.6	3.994	16.9	4.147
2	28.4	3.853	29.3	3.891	30.2	3.927	31.0	3.963	33.5	4.116
3	42.5	3.841	43.8	3.880	45.1	3.917	46.3	3.952	50.1	4.106
4	56.5	3.836	58.3	3.875	60.1	3.911	61.7	3.947	66.7	4.101
5	70.6	3.833	72.8	3.871	75.1	3.908	77.1	3.944	83.3	4.098
Δv	14.07		14.51		14.96		15.36		16.6	
d_2		3.819		3.858		3.895		3.931		4.086

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุมแบบผันแปร

ขนาดกลุ่มย่อย	แผนภูมิ $\bar{X}$ - R			แผนภูมิ $\bar{X}$ - 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	1.882
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
สูตรคำนวน	$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$ $CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$ $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$ $UCL_{\bar{R}} = D_4\bar{R}$ $CL_{\bar{R}} = \bar{R}$ $LCL_{\bar{R}} = D_3\bar{R}$			$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$ $CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$ $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$ $UCL_S = B_4\bar{S}$ $CL_S = \bar{S}$ $LCL_S = B_3\bar{S}$		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

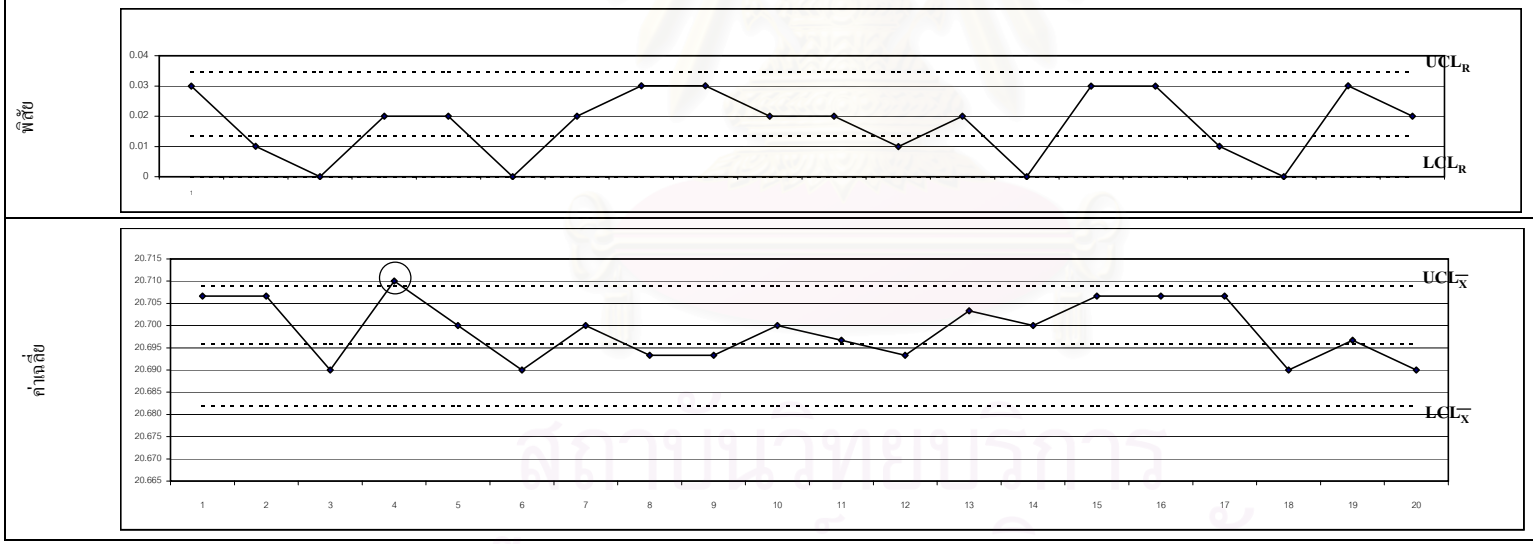
แผนภูมิควบคุมที่แสดงความผิดปกติในการประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPV 009 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เดือนที่ทำการทดลอง	สิงหาคม 2543
ขนาด	200 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	20.72	20.71	20.69	20.70	20.70	20.69	20.70	20.68	20.71	20.70	20.71	20.70	20.69	20.70	20.69	20.71	20.71	20.69	20.68	20.68	
	2	20.71	20.71	20.69	20.71	20.71	20.69	20.69	20.71	20.68	20.71	20.69	20.69	20.71	20.70	20.71	20.72	20.71	20.69	20.70	20.70	
	3	20.69	20.70	20.69	20.72	20.69	20.69	20.71	20.69	20.69	20.69	20.69	20.69	20.71	20.70	20.72	20.69	20.70	20.69	20.71	20.69	
ผลรวม		62.12	62.12	62.07	62.13	62.10	62.07	62.10	62.08	62.08	62.10	62.09	62.08	62.11	62.10	62.12	62.12	62.12	62.07	62.09	62.07	
พิสัย (R)		0.03	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.03	0.03	0.01	0.00	0.03	0.02	0.0175
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		20.71	20.71	20.69	20.71	20.70	20.69	20.70	20.69	20.69	20.70	20.70	20.69	20.70	20.70	20.71	20.71	20.71	20.69	20.70	20.69	20.699

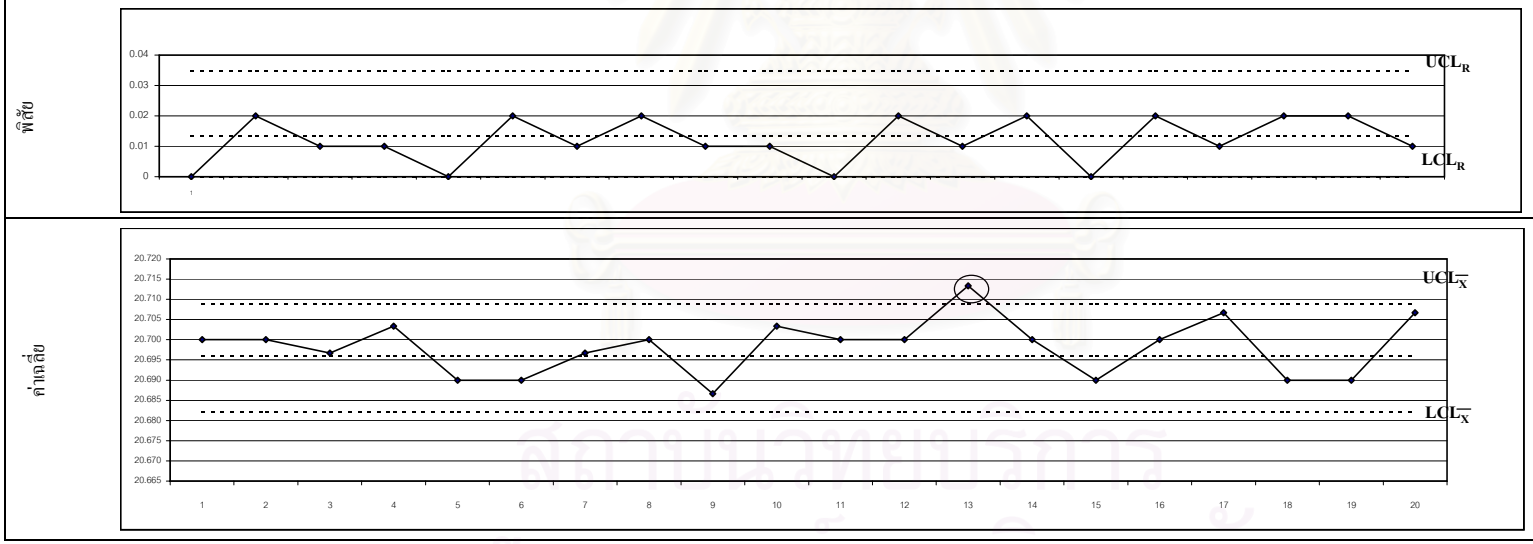


รูปที่ 1 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนสิงหาคมของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPV 009 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เดือนที่ทำการทดลอง	พฤศจิกายน 2543
ขนาด	200 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	20.70	20.71	20.70	20.70	20.69	20.70	20.70	20.69	20.68	20.70	20.70	20.71	20.71	20.70	20.69	20.71	20.71	20.70	20.68	20.71	
	2	20.70	20.69	20.70	20.71	20.69	20.68	20.70	20.71	20.69	20.70	20.70	20.69	20.72	20.69	20.69	20.70	20.70	20.68	20.70	20.70	
	3	20.70	20.70	20.69	20.70	20.69	20.69	20.69	20.70	20.69	20.71	20.70	20.70	20.71	20.71	20.69	20.69	20.71	20.69	20.69	20.71	
ผลรวม		62.10	62.10	62.09	62.11	62.07	62.07	62.09	62.10	62.06	62.11	62.10	62.10	62.14	62.10	62.07	62.10	62.12	62.07	62.07	62.12	
พิสัย	(R)	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.012
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	20.70	20.70	20.70	20.70	20.69	20.69	20.70	20.70	20.69	20.70	20.70	20.70	20.71	20.70	20.69	20.70	20.71	20.69	20.69	20.71	20.698

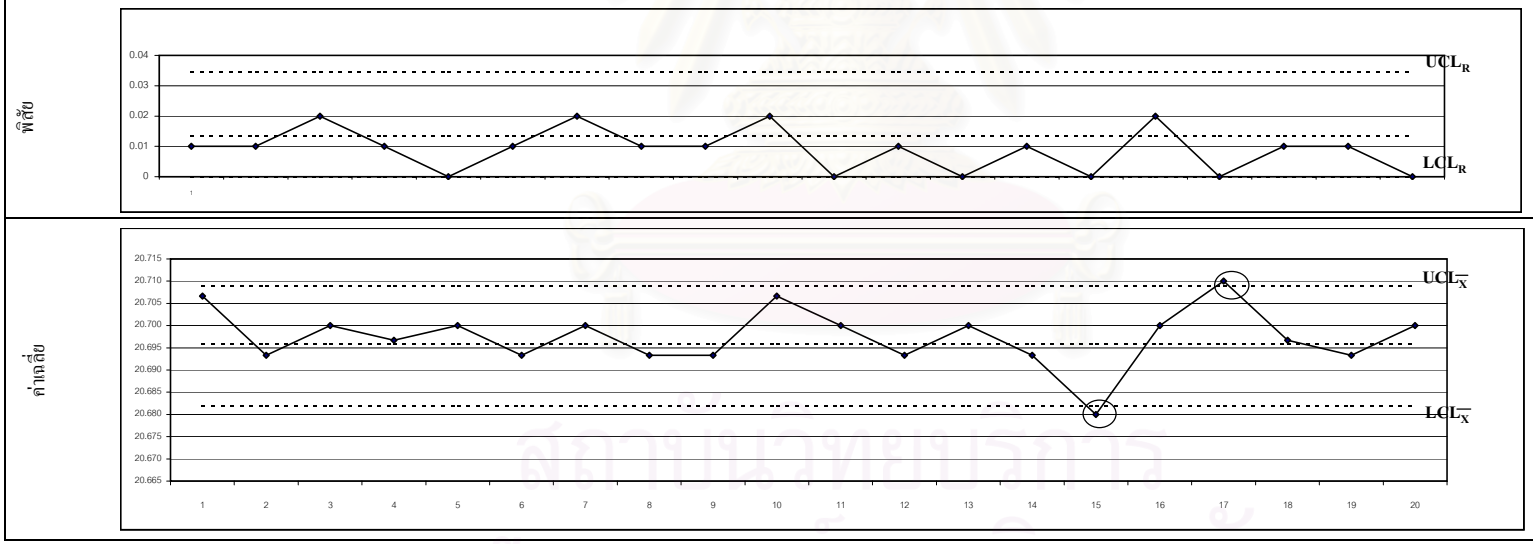


รูปที่ 2 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนพฤศจิกายนของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPV 009 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เดือนที่ทำการทดลอง	ธันวาคม 2543
ขนาด	200 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	20.71	20.69	20.71	20.70	20.70	20.70	20.70	20.69	20.70	20.72	20.70	20.69	20.70	20.70	20.68	20.71	20.71	20.70	20.69	20.70	
	2	20.70	20.69	20.70	20.69	20.70	20.69	20.71	20.69	20.69	20.70	20.70	20.69	20.70	20.69	20.68	20.70	20.71	20.70	20.70	20.70	
	3	20.71	20.70	20.69	20.70	20.70	20.69	20.69	20.70	20.69	20.70	20.70	20.70	20.70	20.69	20.68	20.69	20.71	20.69	20.69	20.70	
ผลรวม		62.12	62.08	62.10	62.09	62.10	62.08	62.10	62.08	62.08	62.12	62.10	62.08	62.10	62.08	62.04	62.10	62.13	62.09	62.08	62.10	
พิสัย (R)		0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.009
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		20.71	20.69	20.70	20.70	20.70	20.69	20.70	20.69	20.69	20.71	20.70	20.69	20.70	20.69	20.68	20.70	20.71	20.70	20.69	20.70	20.698

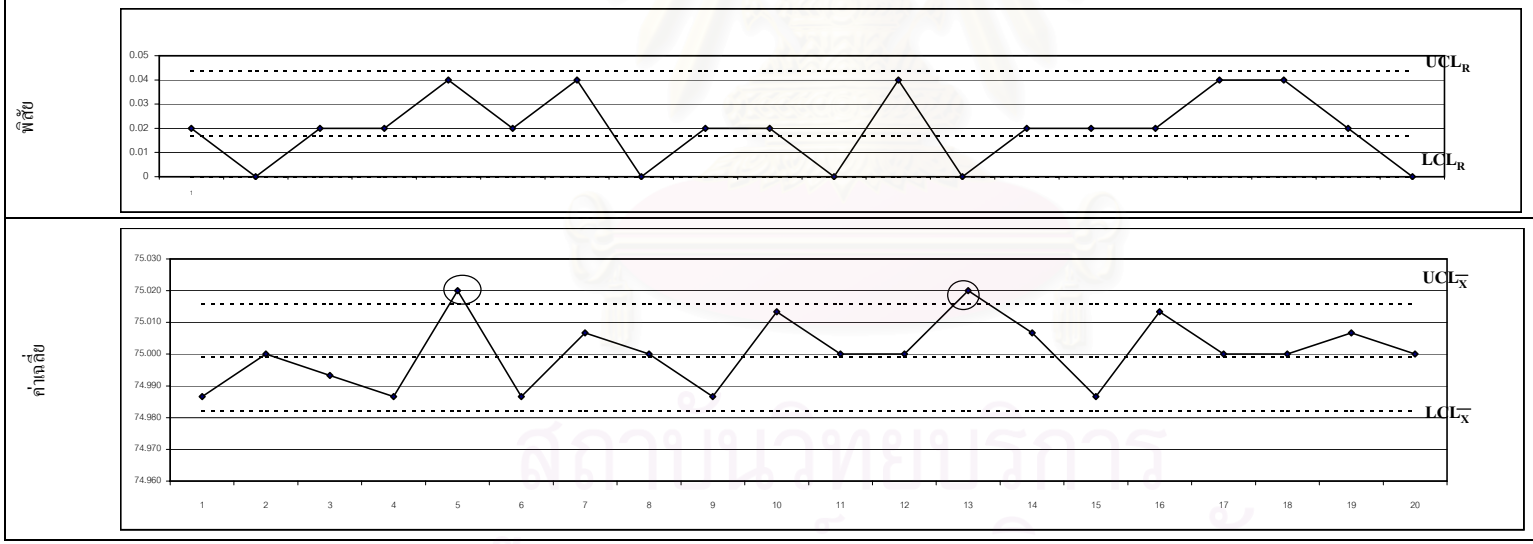


รูปที่ 3 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนธันวาคมของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด: เวอร์เนียร์ไฮเกจ	ฝ่าย: ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน: Rear Cushsion Bracket	แผนภูมิที่
เลขโค้ด: BPVH 005 QA INSP	แผนก: ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์: ความกว้าง	เดือนที่ทำการทดลอง: กรฎาคม 2543
ขนาด: 150 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง	พิกัดความเผื่อ: ท 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด: มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	74.98	75.00	75.00	74.98	75.02	74.98	75.02	75.00	75.00	75.02	75.00	75.02	75.02	75.02	74.98	75.02	75.02	74.98	75.00	75.00	
	2	74.98	75.00	75.00	74.98	75.00	74.98	74.98	75.00	74.98	75.02	75.00	75.00	75.02	75.00	74.98	75.02	74.98	75.02	75.02	75.00	
	3	75.00	75.00	74.98	75.00	75.04	75.00	75.02	75.00	74.98	75.00	75.00	74.98	75.02	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	
ผลรวม		224.96	225.00	224.98	224.96	225.06	224.96	225.02	225.00	224.96	225.04	225.00	225.00	225.06	225.02	224.96	225.04	225.00	225.00	225.02	225.00	
พิสัย (R)		0.02	0.00	0.02	0.02	0.04	0.02	0.04	0.00	0.02	0.02	0.00	0.04	0.00	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.02	0.00	0.02
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		74.99	75.00	74.99	74.99	75.02	74.99	75.01	75.00	74.99	75.01	75.00	75.00	75.02	75.01	74.99	75.01	75.00	75.00	75.01	75.00	75.00

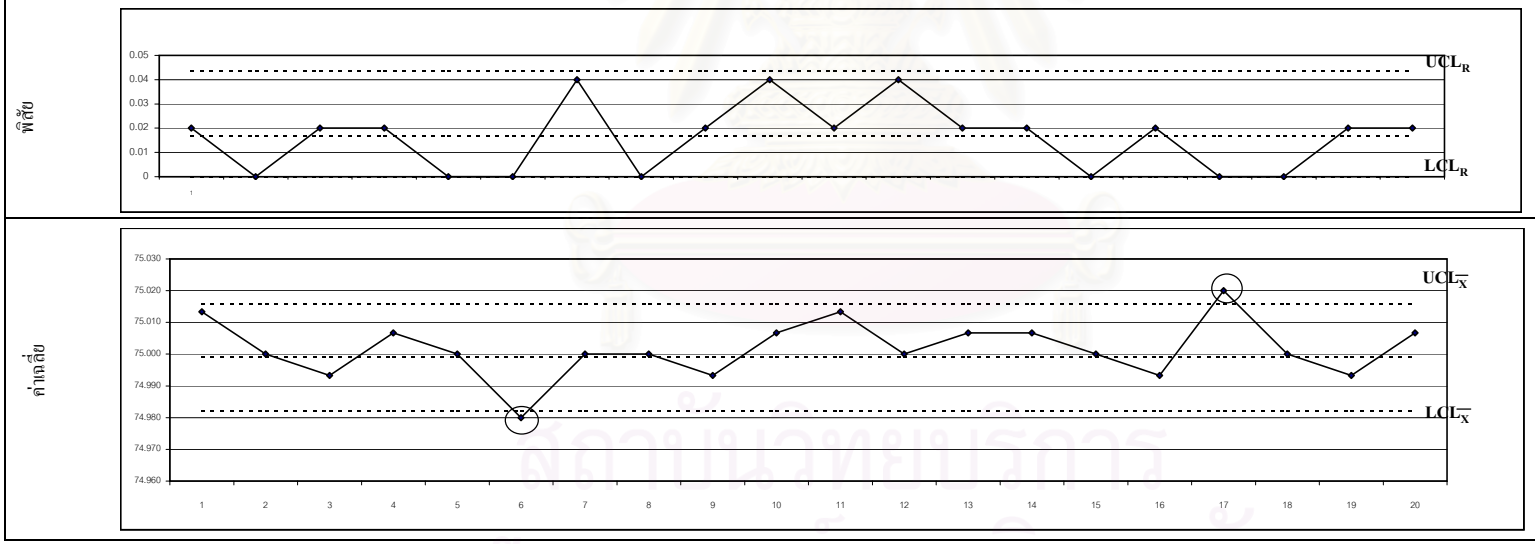


รูปที่ 4 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนกรกฎาคมของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด: เวอร์เนียร์ไฮเกจ	ฝ่าย: ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน: Rear Cushsion Bracket	แผนภูมิที่:
เลขโค้ด: BPVH 005 QA INSP	แผนก: ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์: ความกว้าง	เดือนที่ทำการทดลอง: พฤศจิกายน 2543
ขนาด: 150 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง:	พิกัดความเผื่อ: ท 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด: มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	75.02	75.00	74.98	75.02	75.00	74.98	74.98	75.00	74.98	75.02	75.02	75.02	75.00	75.00	75.00	75.00	75.02	75.00	75.00	75.00	
	2	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	74.98	75.00	75.00	75.00	75.02	75.00	74.98	75.02	75.02	75.00	75.00	75.02	75.00	74.98	75.00	
	3	75.02	75.00	75.00	75.00	75.00	74.98	75.02	75.00	75.00	74.98	75.02	75.00	75.00	75.00	75.00	74.98	75.02	75.00	75.00	75.02	
ผลรวม		225.04	225.00	224.98	225.02	225.00	224.94	225.00	225.00	224.98	225.02	225.04	225.00	225.02	225.02	225.00	224.98	225.06	225.00	224.98	225.02	
พิสัย (R)		0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.016
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		75.01	75.00	74.99	75.01	75.00	74.98	75.00	75.00	74.99	75.01	75.01	75.00	75.01	75.01	75.00	74.99	75.02	75.00	74.99	75.01	75.00

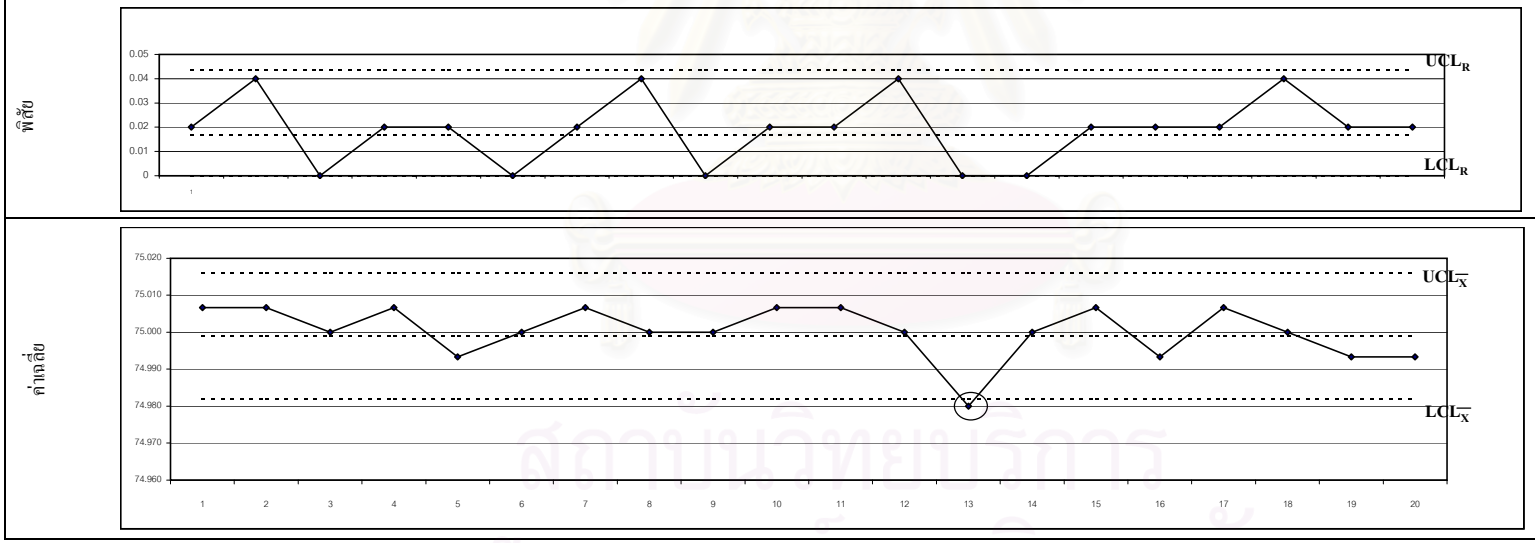


รูปที่ 5 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนพฤศจิกายนของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์ไฮเกจ	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Rear Cushsion Bracket	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPVH 005 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความกว้าง	วันที่เริ่มทำการทดลอง	มกราคม 2544
ขนาด	150 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	75.00	74.98	75.00	75.02	75.00	75.00	75.00	75.02	75.00	75.00	75.02	75.00	74.98	75.00	75.00	75.00	75.02	75.02	75.00	74.98	
	2	75.02	75.02	75.00	75.00	74.98	75.00	75.00	74.98	75.00	75.00	75.00	75.02	74.98	75.00	75.02	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	
	3	75.00	75.02	75.00	75.00	75.00	75.00	75.02	75.00	75.00	75.02	75.00	74.98	74.98	75.00	75.00	74.98	75.00	74.98	74.98	75.00	
ผลรวม		225.02	225.02	225.00	225.02	224.98	225.00	225.02	225.00	225.00	225.02	225.02	225.00	224.94	225.00	225.02	224.98	225.02	225.00	224.98	224.98	
พิสัย (R)		0.02	0.04	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.04	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.019
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		75.01	75.01	75.00	75.01	74.99	75.00	75.01	75.00	75.00	75.01	75.01	75.00	74.98	75.00	75.01	74.99	75.01	75.00	74.99	74.99	75.00

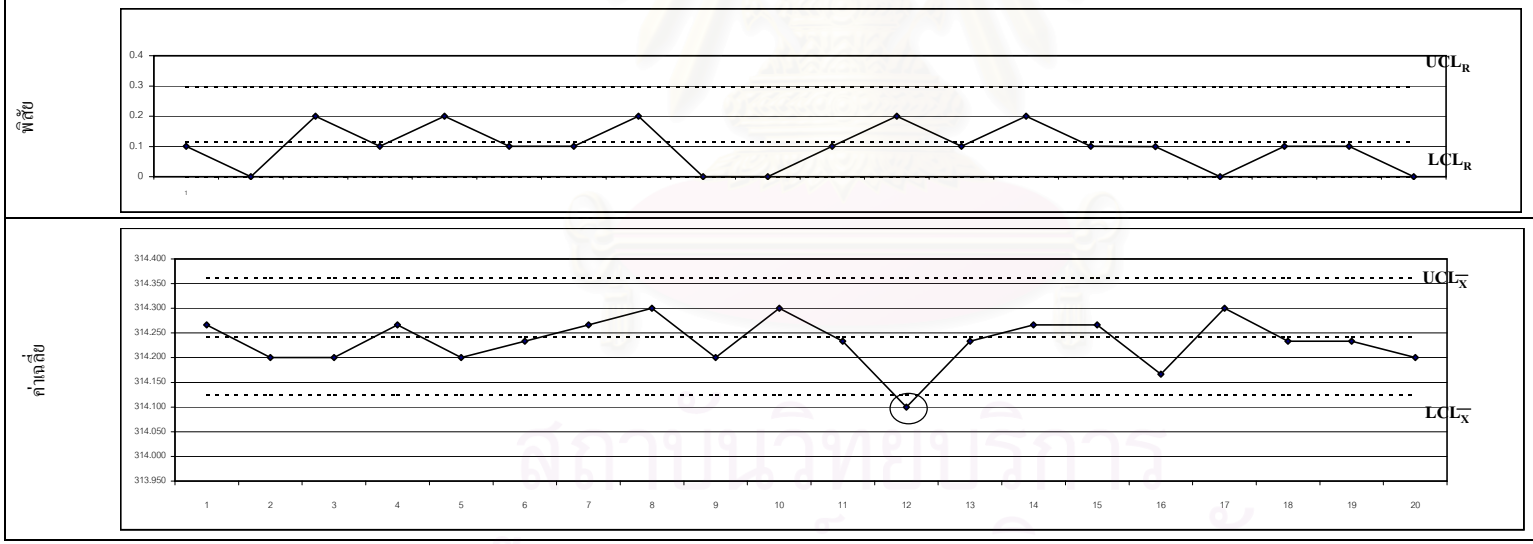


รูปที่ 6 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนมกราคมของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Frame Sub Ass'y Seat Cushion	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPVH 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ระยะห่าง	เดือนที่ทำการทดลอง	ตุลาคม 2543
ขนาด	600 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	ฑ 0.5 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	314.30	314.20	314.10	314.20	314.20	314.20	314.30	314.30	314.20	314.30	314.20	314.10	314.20	314.20	314.30	314.10	314.30	314.30	314.20	314.20	
	2	314.30	314.20	314.20	314.30	314.10	314.30	314.20	314.20	314.20	314.30	314.20	314.00	314.20	314.40	314.20	314.20	314.30	314.20	314.20	314.20	
	3	314.20	314.20	314.30	314.30	314.30	314.20	314.30	314.40	314.20	314.30	314.30	314.20	314.30	314.20	314.30	314.20	314.30	314.20	314.30	314.20	
ผลรวม		942.80	942.60	942.60	942.80	942.60	942.70	942.80	942.90	942.60	942.90	942.70	942.30	942.70	942.80	942.80	942.50	942.90	942.70	942.70	942.60	
พิสัย	(R)	0.10	0.00	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.00	0.00	0.10	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.1
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	314.27	314.20	314.20	314.27	314.20	314.23	314.27	314.30	314.20	314.30	314.23	314.10	314.23	314.27	314.27	314.17	314.30	314.23	314.23	314.20	314.23

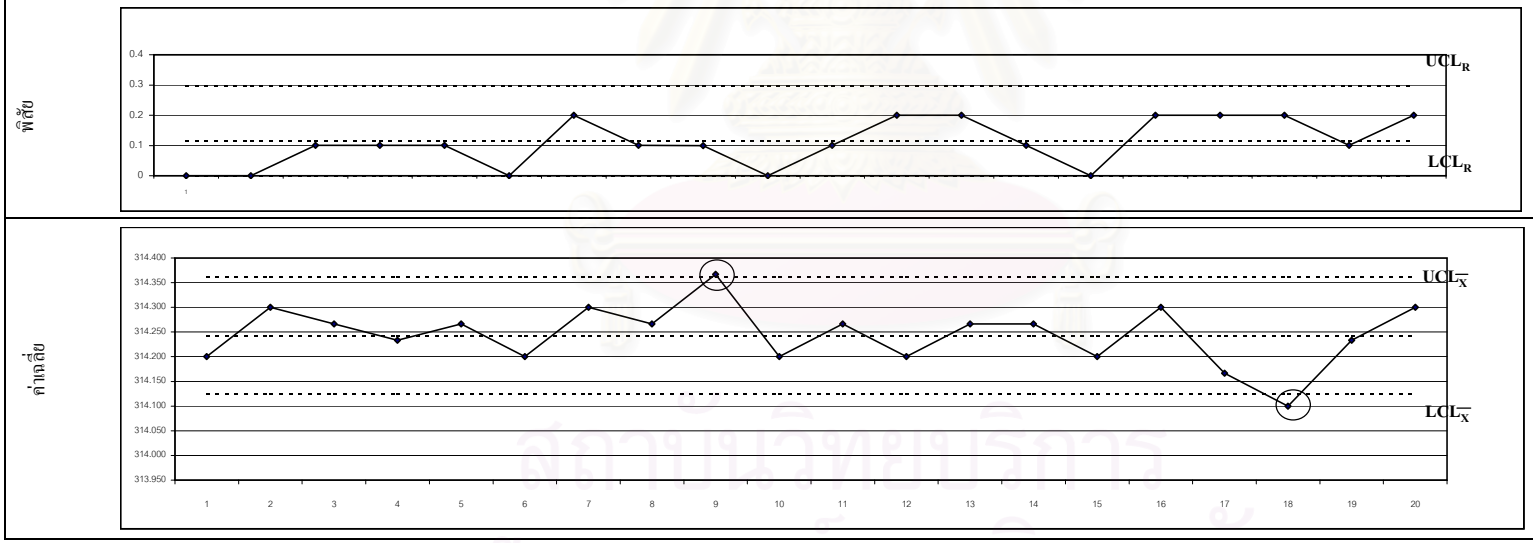


รูปที่ 7 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนตุลาคมของเวอร์เนียร์วัดระยะรู

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เวอร์เนียร์วัดระยะรู	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Frame Sub Ass'y Seat Cushion	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPVH 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ระยะห่าง	เดือนที่ทำการทดลอง	ธันวาคม 2543
ขนาด	600 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	ฑ 0.5 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	314.20	314.30	314.30	314.20	314.20	314.20	314.30	314.30	314.40	314.20	314.20	314.10	314.20	314.20	314.20	314.20	314.10	314.10	314.20	314.20	
	2	314.20	314.30	314.30	314.20	314.30	314.20	314.20	314.30	314.30	314.20	314.30	314.30	314.40	314.30	314.20	314.30	314.10	314.00	314.30	314.40	
	3	314.20	314.30	314.20	314.30	314.30	314.20	314.40	314.20	314.40	314.20	314.30	314.20	314.20	314.30	314.20	314.40	314.30	314.20	314.20	314.30	
ผลรวม		942.60	942.90	942.80	942.70	942.80	942.60	942.90	942.80	943.10	942.60	942.80	942.60	942.80	942.80	942.60	942.90	942.50	942.30	942.70	942.90	
พิสัย	(R)	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.20	0.20	0.10	0.00	0.20	0.20	0.20	0.10	0.20	0.11
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	314.20	314.30	314.27	314.23	314.27	314.20	314.30	314.27	314.37	314.20	314.27	314.20	314.27	314.27	314.20	314.30	314.17	314.10	314.23	314.30	314.25

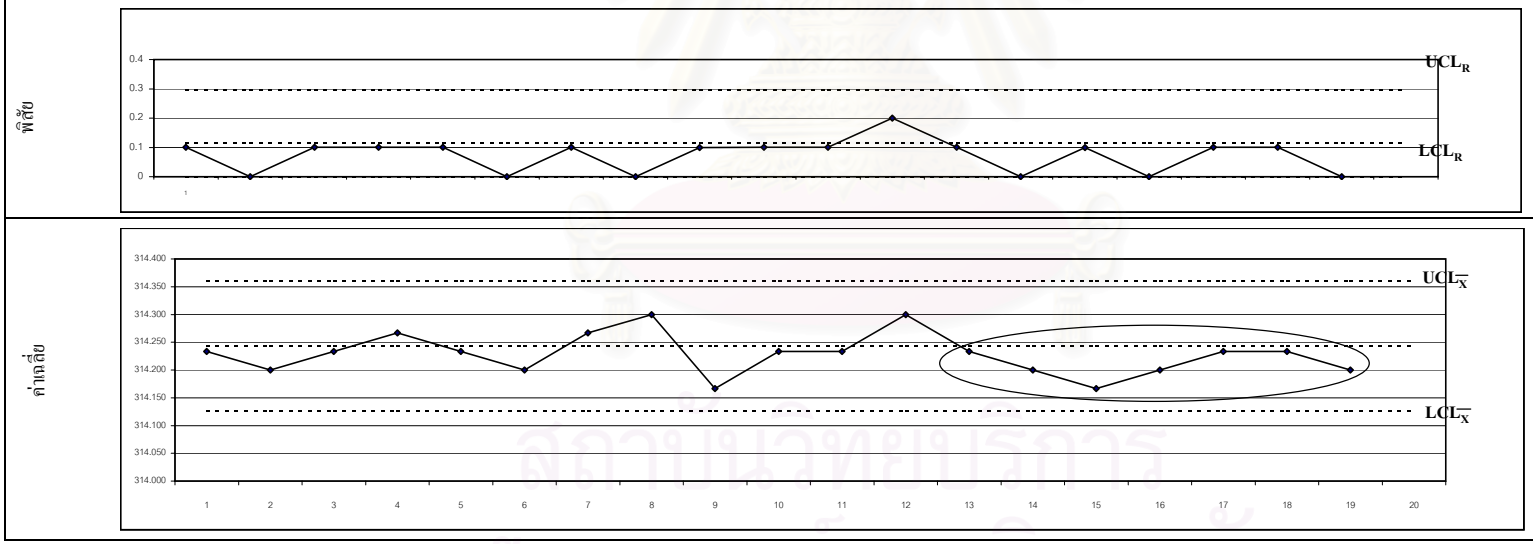


รูปที่ 8 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนธันวาคมของเวอร์เนียร์วัดระยะรู

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด: เวอร์เนียร์วัดระยะรู	ฝ่าย: ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน: Frame Sub Ass'y Seat Cushion	แผนภูมิที่:
เลขโค้ด: BPVH 001 QA INSP	แผนก: ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์: ระยะห่าง	เดือนที่ทำการทดลอง: มกราคม 2544
ขนาด: 600 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง:	พิกัดความเผื่อ: ± 0.5 มิลลิเมตร	หน่วยวัด: มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	314.20	314.20	314.20	314.20	314.30	314.20	314.20	314.30	314.20	314.20	314.30	314.40	314.20	314.20	314.20	314.20	314.20	314.30	314.20		
	2	314.30	314.20	314.30	314.30	314.20	314.20	314.30	314.30	314.10	314.30	314.20	314.30	314.30	314.20	314.20	314.20	314.20	314.20	314.20		
	3	314.20	314.20	314.20	314.30	314.20	314.20	314.30	314.30	314.20	314.20	314.20	314.20	314.20	314.20	314.10	314.20	314.30	314.20	314.20		
ผลรวม		942.70	942.60	942.70	942.80	942.70	942.60	942.80	942.90	942.50	942.70	942.70	942.90	942.70	942.60	942.50	942.60	942.70	942.70	942.60		
พิสัย (R)		0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00		0.07
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		314.23	314.20	314.23	314.27	314.23	314.20	314.27	314.30	314.17	314.23	314.23	314.30	314.23	314.20	314.17	314.20	314.23	314.23	314.20		314.23

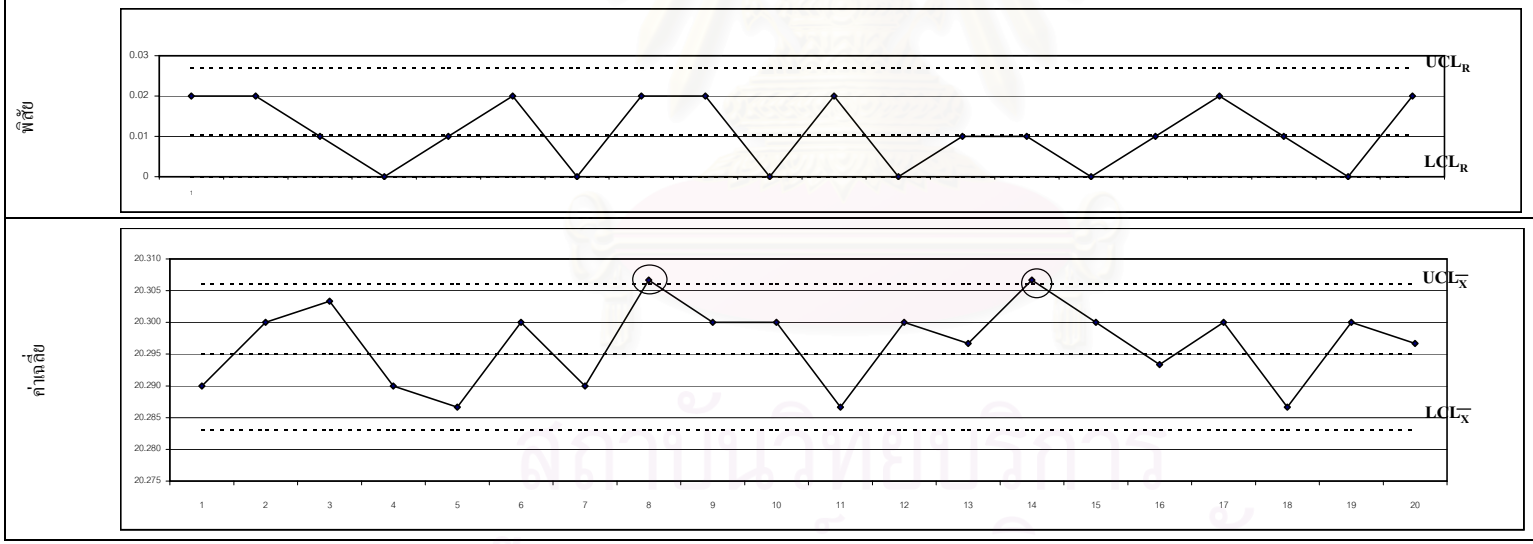


รูปที่ 9 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนมกราคมของเวอร์เนียร์วัดระยะรู

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	ไมโครมิเตอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPMIC 002 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เดือนที่ทำการทดลอง	กันยายน 2543
ขนาด	25 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	20.28	20.29	20.31	20.29	20.29	20.29	20.29	20.30	20.30	20.30	20.28	20.30	20.29	20.30	20.30	20.29	20.31	20.29	20.30	20.29	
	2	20.29	20.30	20.30	20.29	20.29	20.31	20.29	20.30	20.31	20.30	20.28	20.30	20.30	20.31	20.30	20.30	20.30	20.28	20.30	20.31	
	3	20.30	20.31	20.30	20.29	20.28	20.30	20.29	20.32	20.29	20.30	20.30	20.30	20.30	20.31	20.30	20.29	20.29	20.29	20.30	20.29	
ผลรวม		60.87	60.90	60.91	60.87	60.86	60.90	60.87	60.92	60.90	60.90	60.86	60.90	60.89	60.92	60.90	60.88	60.90	60.86	60.90	60.89	
พิสัย (R)		0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.011
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		20.29	20.30	20.30	20.29	20.29	20.30	20.29	20.31	20.30	20.30	20.29	20.30	20.30	20.31	20.30	20.29	20.30	20.29	20.30	20.30	20.297

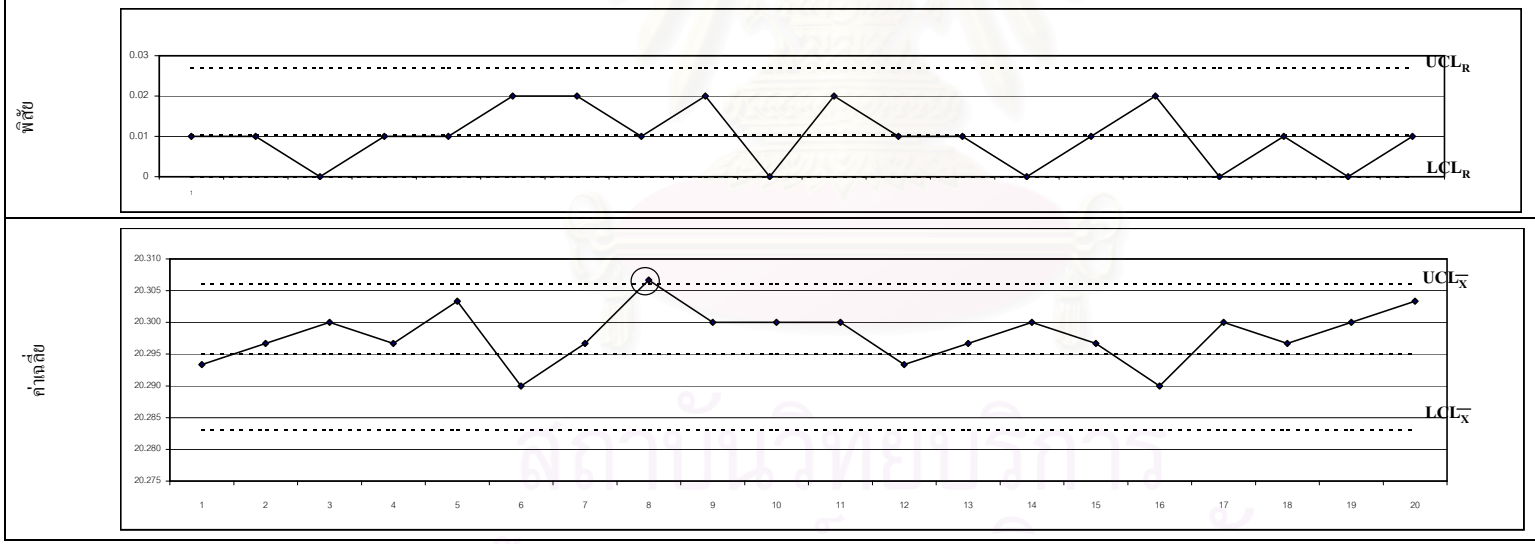


รูปที่ 10 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนกันยนยนของไมโครมิเตอร์

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	ไมโครมิเตอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPMIC 002 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	วันที่เริ่มทำการทดลอง	พฤศจิกายน 2543
ขนาด	25 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	20.29	20.29	20.30	20.29	20.30	20.28	20.31	20.31	20.29	20.30	20.31	20.29	20.30	20.30	20.30	20.30	20.30	20.30	20.30	20.31	
	2	20.29	20.30	20.30	20.30	20.30	20.29	20.29	20.30	20.30	20.30	20.30	20.29	20.30	20.30	20.29	20.29	20.30	20.29	20.30	20.30	
	3	20.30	20.30	20.30	20.30	20.31	20.30	20.29	20.31	20.31	20.30	20.29	20.30	20.29	20.30	20.30	20.28	20.30	20.30	20.30	20.30	
ผลรวม		60.88	60.89	60.90	60.89	60.91	60.87	60.89	60.92	60.90	60.90	60.90	60.88	60.89	60.90	60.89	60.87	60.90	60.89	60.90	60.91	
พิสัย (R)		0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		20.29	20.30	20.30	20.30	20.30	20.29	20.30	20.31	20.30	20.30	20.30	20.29	20.30	20.30	20.30	20.29	20.30	20.30	20.30	20.30	20.298

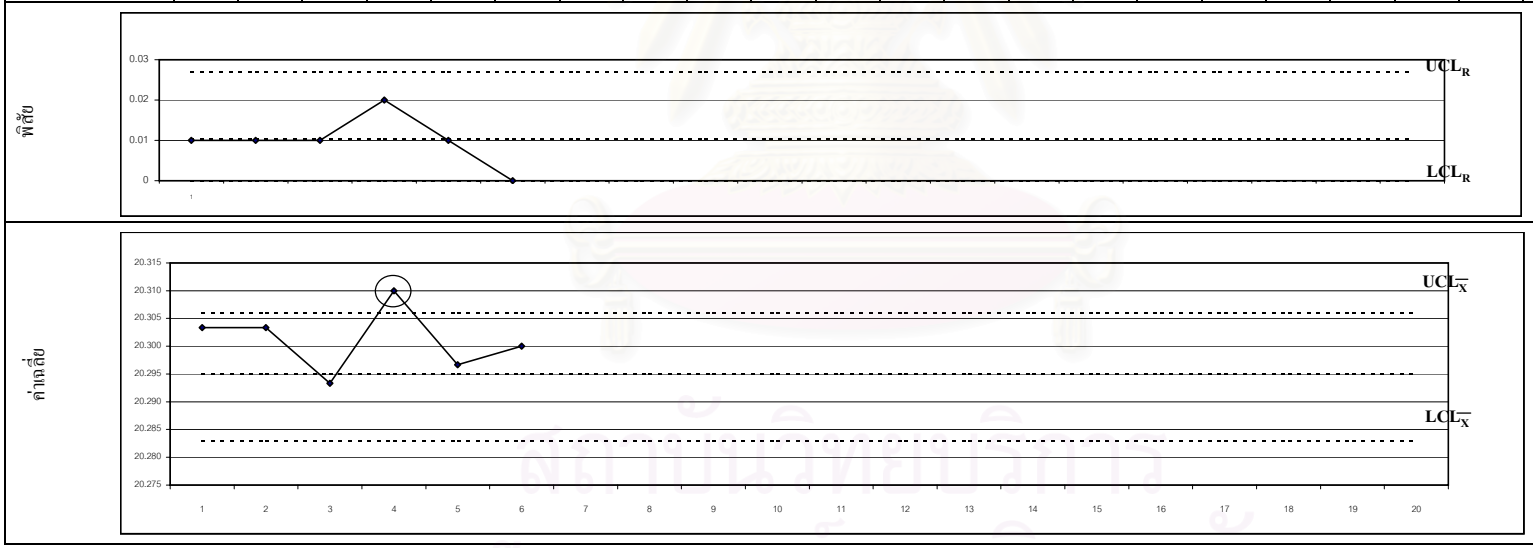


รูปที่ 11 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนพฤศจิกายนของไมโครมิเตอร์

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	ไมโครมิเตอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPMIC 002 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เดือนที่ทำการทดลอง	มกราคม 2544
ขนาด	25 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	20.30	20.31	20.29	20.32	20.30	20.30															
	2	20.30	20.30	20.30	20.31	20.30	20.30															
	3	20.31	20.30	20.29	20.30	20.29	20.30															
ผลรวม		60.91	60.91	60.88	60.93	60.89	60.90															
พิสัย	(R)	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00															0.01
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	20.30	20.30	20.29	20.31	20.30	20.30															20.30

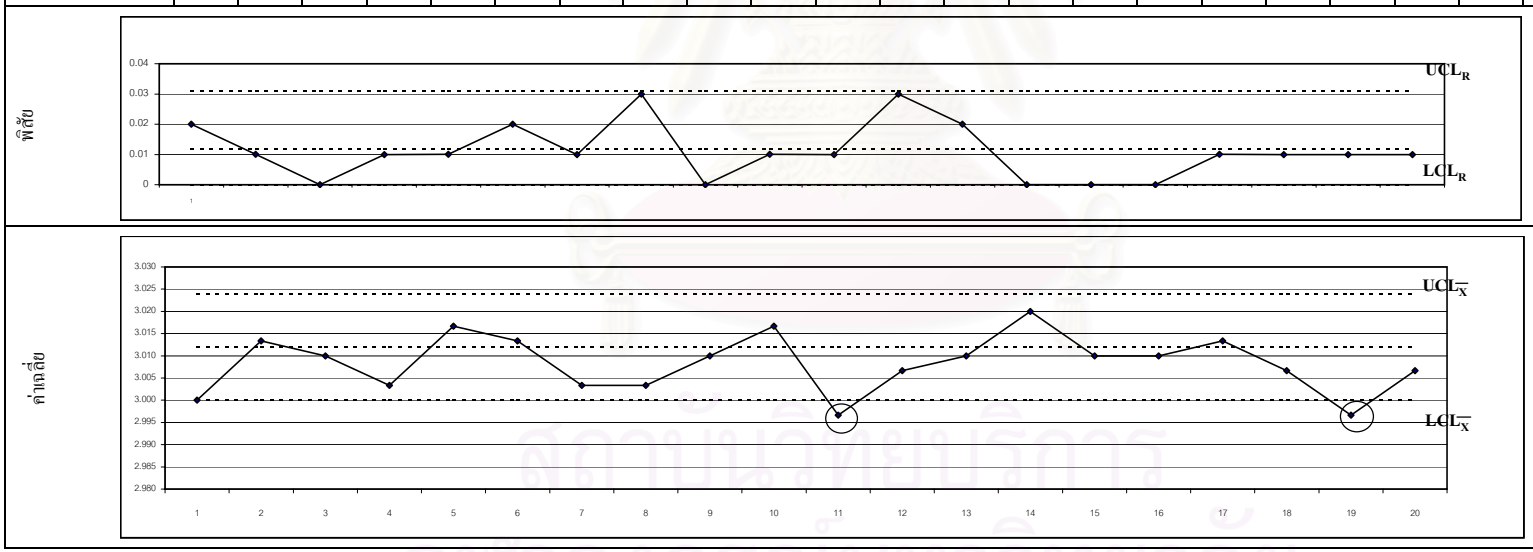


รูปที่ 12 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนมกราคมของไมโครมิเตอร์

การประเมินความเสถียรภาพของเครื่องมือวัด

ชื่อเครื่องมือวัด	ไดอัลเกจ	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Step Block	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPV 002 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความสูง	วันที่เริ่มทำการทดลอง	สิงหาคม 2543
ขนาด	10 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	2.99	3.02	3.01	3.00	3.02	3.02	3.00	3.00	3.01	3.02	3.00	2.99	3.00	3.02	3.01	3.01	3.01	3.01	2.99	3.00	
	2	3.00	3.01	3.01	3.00	3.02	3.02	3.00	2.99	3.01	3.01	2.99	3.01	3.01	3.02	3.01	3.01	3.02	3.01	3.00	3.01	
	3	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.00	3.01	3.02	3.01	3.02	3.00	3.02	3.02	3.02	3.01	3.01	3.01	3.00	3.00	3.01	
ผลรวม		9.00	9.04	9.03	9.01	9.05	9.04	9.01	9.01	9.03	9.05	8.99	9.02	9.03	9.06	9.03	9.03	9.04	9.02	8.99	9.02	
พิสัย	(R)	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.011
ค่าเฉลี่ย	$(\overline{X})$	3.00	3.01	3.01	3.00	3.02	3.01	3.00	3.00	3.01	3.02	3.00	3.01	3.01	3.02	3.01	3.01	3.01	3.01	3.00	3.01	3.0083

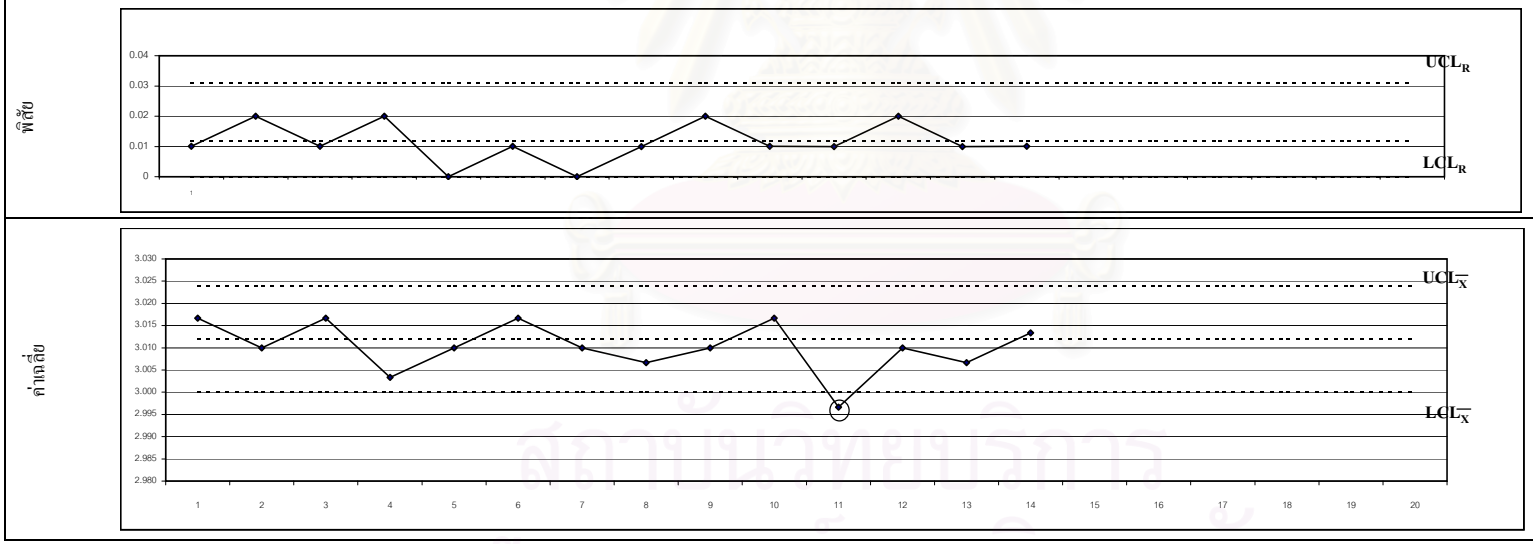


รูปที่ 13 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพของเดือนสิงหาคมไดอัลเกจ

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	ไดอัลเกจ	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Step Block	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPV 002 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความสูง	เดือนทำการทดลอง	พฤศจิกายน 2543
ขนาด	10 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.02 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	3.02	3.01	3.02	2.99	3.01	3.01	3.01	3.01	3.02	3.02	3.00	3.00	3.01	3.01							
	2	3.02	3.02	3.02	3.01	3.01	3.02	3.01	3.01	3.01	3.01	2.99	3.01	3.01	3.02							
	3	3.01	3.00	3.01	3.01	3.01	3.02	3.01	3.00	3.00	3.02	3.00	3.02	3.00	3.01							
ผลรวม		9.05	9.03	9.05	9.01	9.03	9.05	9.03	9.02	9.03	9.05	8.99	9.03	9.02	9.04							
พิสัย	(R)	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01							0.01
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	3.02	3.01	3.02	3.00	3.01	3.02	3.01	3.01	3.01	3.02	3.00	3.01	3.01	3.01							3.01

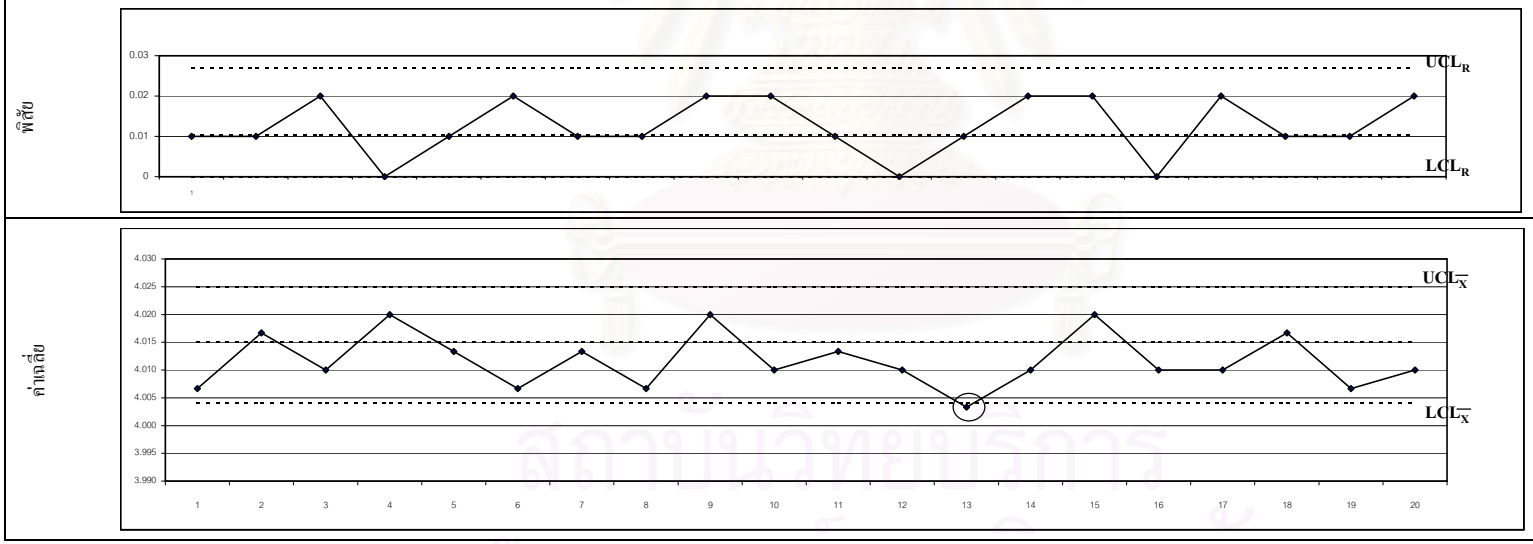


รูปที่ 14 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนพฤศจิกายนของไดอัลเกจ

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	ไดอัลเกจวัดความหนา	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Step Block	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPD 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความหนา	เดือนที่ทำการทดลอง	สิงหาคม 2543
ขนาด	10 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.03 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	4.01	4.02	4.02	4.02	4.01	4.00	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.00	4.00	4.01	4.01	4.02	4.01	4.01	4.00	
	2	4.00	4.01	4.01	4.02	4.02	4.02	4.01	4.01	4.03	4.00	4.01	4.01	4.00	4.02	4.03	4.01	4.00	4.02	4.00	4.02	
	3	4.01	4.02	4.00	4.02	4.01	4.00	4.02	4.00	4.02	4.02	4.02	4.01	4.01	4.01	4.02	4.01	4.01	4.02	4.01	4.01	
ผลรวม		12.02	12.05	12.03	12.06	12.04	12.02	12.04	12.02	12.06	12.03	12.04	12.03	12.01	12.03	12.06	12.03	12.03	12.05	12.02	12.03	
พิสัย (R)		0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.0125
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		4.01	4.02	4.01	4.02	4.01	4.01	4.01	4.01	4.02	4.01	4.01	4.01	4.00	4.01	4.02	4.01	4.01	4.02	4.01	4.01	4.01

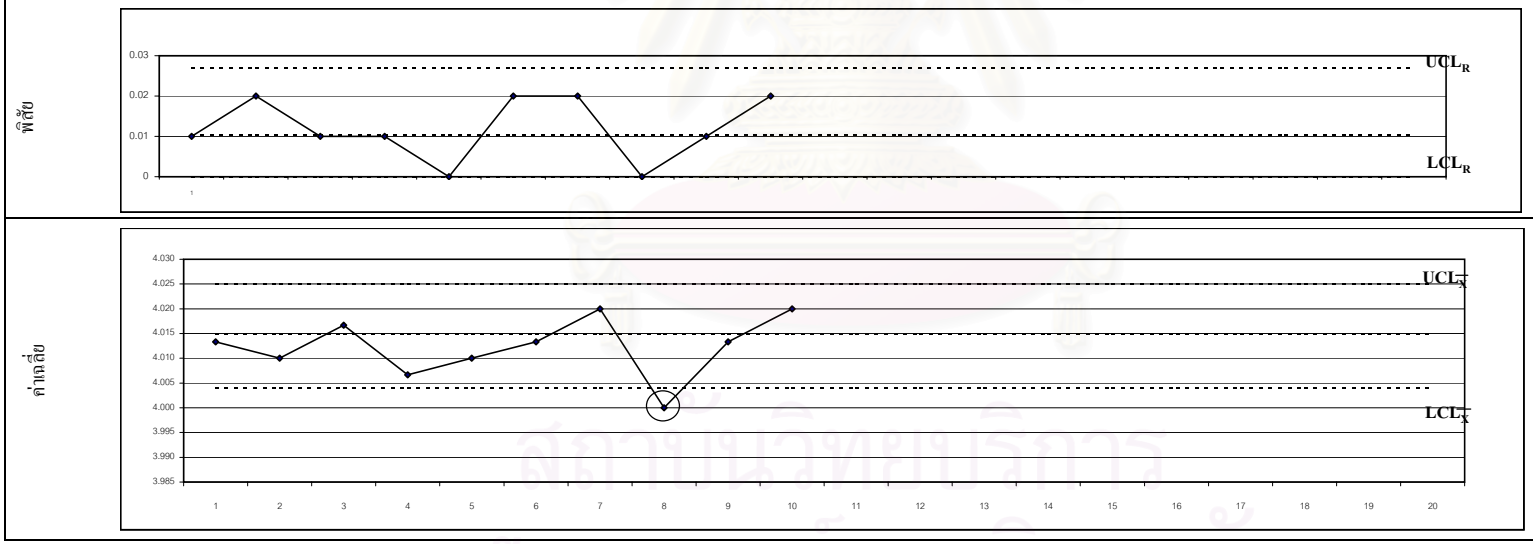


รูปที่ 15 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนสิงหาคมของไดอัลเกจวัดความหนา

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	ไดอัลเกจวัดความหนา	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Step Block	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPD 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความหนา	เดือนที่ทำการทดลอง	พฤศจิกายน 2543
ขนาด	10 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.03 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	4.01	4.00	4.01	4.01	4.01	4.00	4.02	4.00	4.01	4.02											
	2	4.01	4.02	4.02	4.01	4.01	4.02	4.03	4.00	4.01	4.01											
	3	4.02	4.01	4.02	4.00	4.01	4.02	4.01	4.00	4.02	4.03											
ผลรวม		12.04	12.03	12.05	12.02	12.03	12.04	12.06	12.00	12.04	12.06											
พิสัย	(R)	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02											0.01
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	4.01	4.01	4.02	4.01	4.01	4.01	4.02	4.00	4.01	4.02											4.01

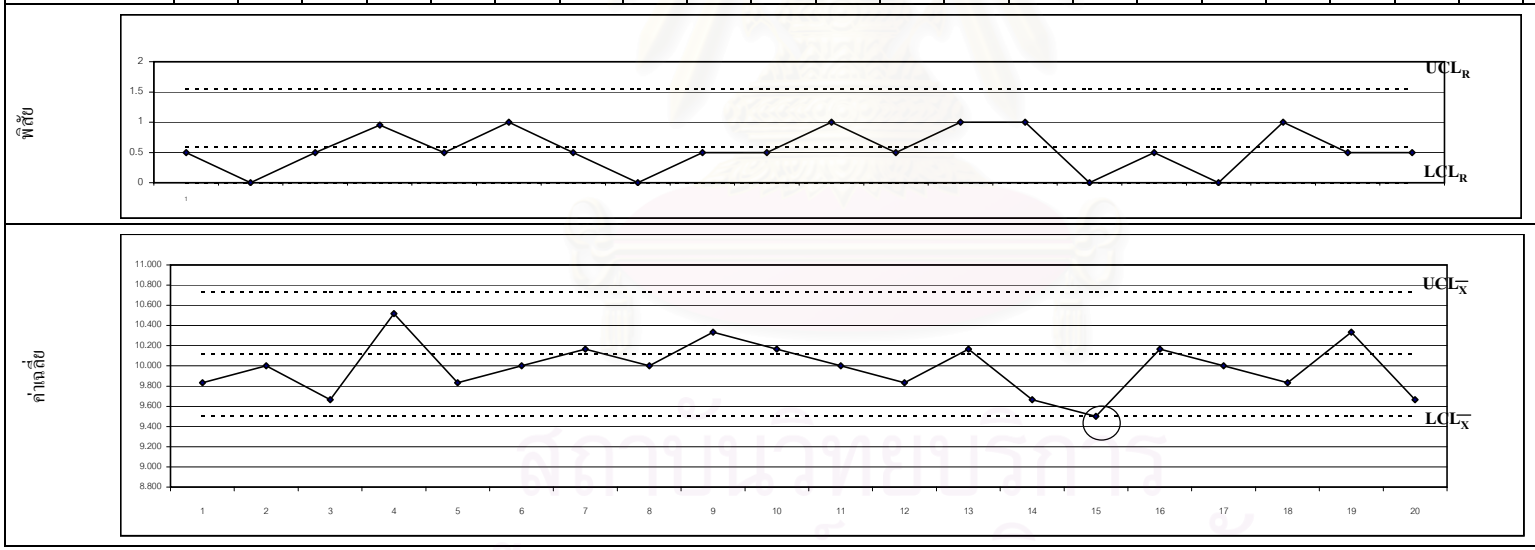


รูปที่ 16 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนพฤศจิกายนของไดอัลเกจวัดความหนา

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดแรงดึง	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPPU 005 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เดือนที่ทำการทดลอง	สิงหาคม 2543
ขนาด	50 Kgf	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 2 Kg_f	หน่วยวัด	Kgf

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	10.00	10.00	9.50	10.50	10.00	10.50	10.00	10.00	10.50	10.00	9.50	10.00	10.50	9.00	9.50	10.50	10.00	10.50	10.50	10.00	
	2	9.50	10.00	9.50	10.05	10.00	9.50	10.00	10.00	10.50	10.50	10.00	9.50	10.50	10.00	9.50	10.00	10.00	9.50	10.00	9.50	
	3	10.00	10.00	10.00	11.00	9.50	10.00	10.50	10.00	10.00	10.00	10.50	10.00	9.50	10.00	9.50	10.00	10.00	9.50	10.50	9.50	
ผลรวม		29.50	30.00	29.00	31.55	29.50	30.00	30.50	30.00	31.00	30.50	30.00	29.50	30.50	29.00	28.50	30.50	30.00	29.50	31.00	29.00	
พิสัย	(R)	0.50	0.00	0.50	0.95	0.50	1.00	0.50	0.00	0.50	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	0.00	0.50	0.00	1.00	0.50	0.50	0.5475
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	9.83	10.00	9.67	10.52	9.83	10.00	10.17	10.00	10.33	10.17	10.00	9.83	10.17	9.67	9.50	10.17	10.00	9.83	10.33	9.67	9.984

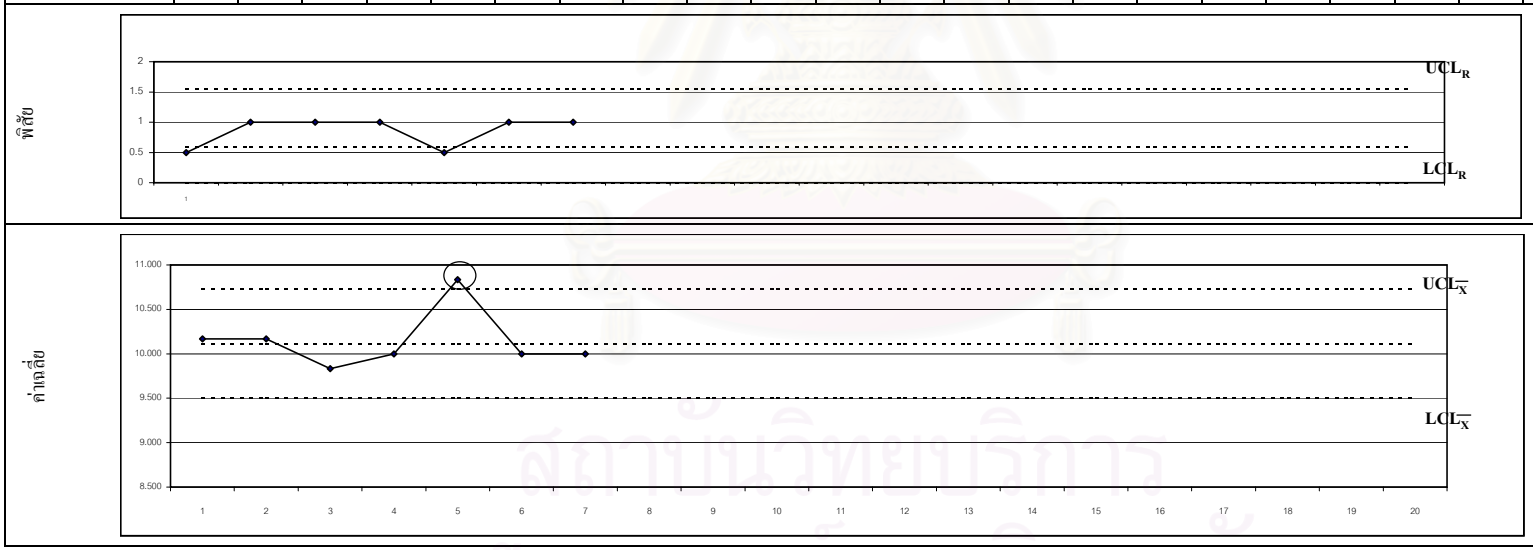


รูปที่ 17แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนสิงหาคมของเครื่องวัดแรงดึง

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดแรงดึง	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Roller	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPPU 005 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เดือนที่ทำการทดลอง	ธันวาคม 2543
ขนาด	50 Kgf	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 2 Kg_f	หน่วยวัด	Kgf

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	10.50	10.50	10.50	10.00	11.00	10.00	10.50														
	2	10.00	10.50	9.50	9.50	10.50	9.50	9.50														
	3	10.00	9.50	9.50	10.50	11.00	10.50	10.00														
ผลรวม		30.50	30.50	29.50	30.00	32.50	30.00	30.00														
พิสัย	(R)	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00														0.86
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	10.17	10.17	9.83	10.00	10.83	10.00	10.00														10.14

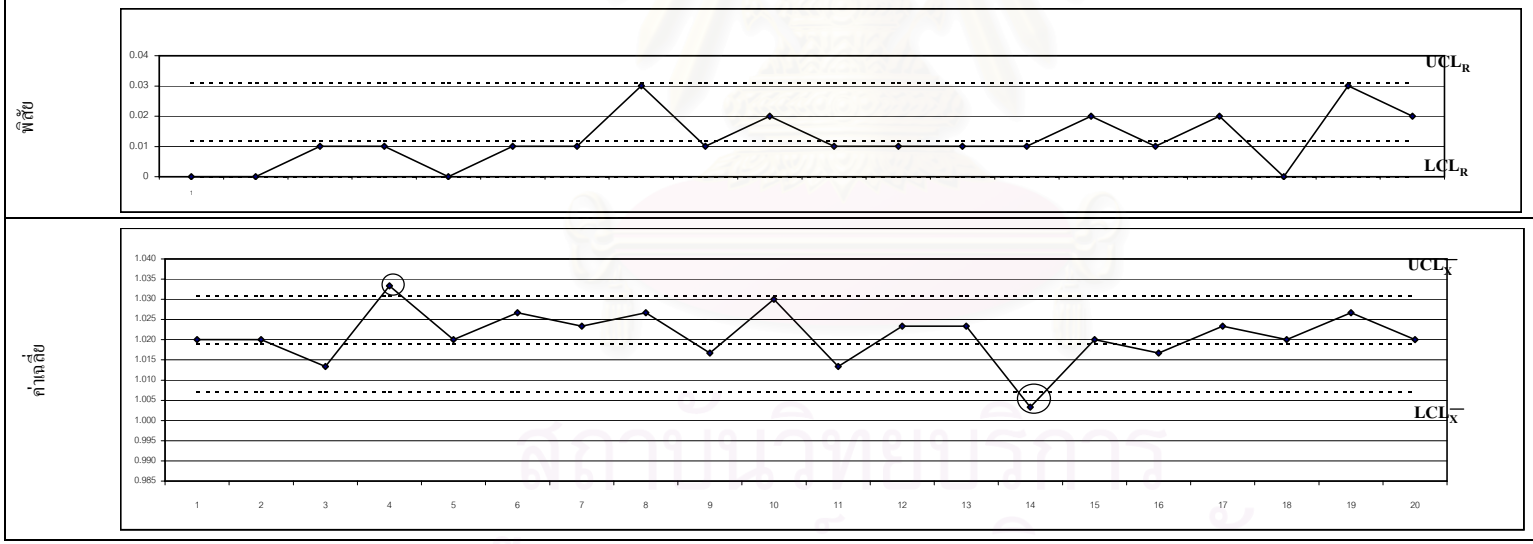


รูปที่ 18 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนธันวาคมของเครื่องวัดแรงดึง

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Lock Gear	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPD 005 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความสูงของฟันเฟือง	เดือนที่ทำการทดลอง	กันยายน 2543
ขนาด	3.5 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.08 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	1.02	1.02	1.01	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.01	1.02	1.02	1.00	1.03	1.02	1.03	1.02	1.01	1.01	
	2	1.02	1.02	1.01	1.04	1.02	1.03	1.03	1.04	1.02	1.02	1.01	1.02	1.03	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.04	1.02	
	3	1.02	1.02	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.04	1.02	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	1.03	1.02	1.03	1.03	
ผลรวม		3.06	3.06	3.04	3.10	3.06	3.08	3.07	3.08	3.05	3.09	3.04	3.07	3.07	3.01	3.06	3.05	3.07	3.06	3.07	3.06	
พิสัย (R)		0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.03	0.02	0.012
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		1.02	1.02	1.01	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.01	1.02	1.02	1.00	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.02	1.02

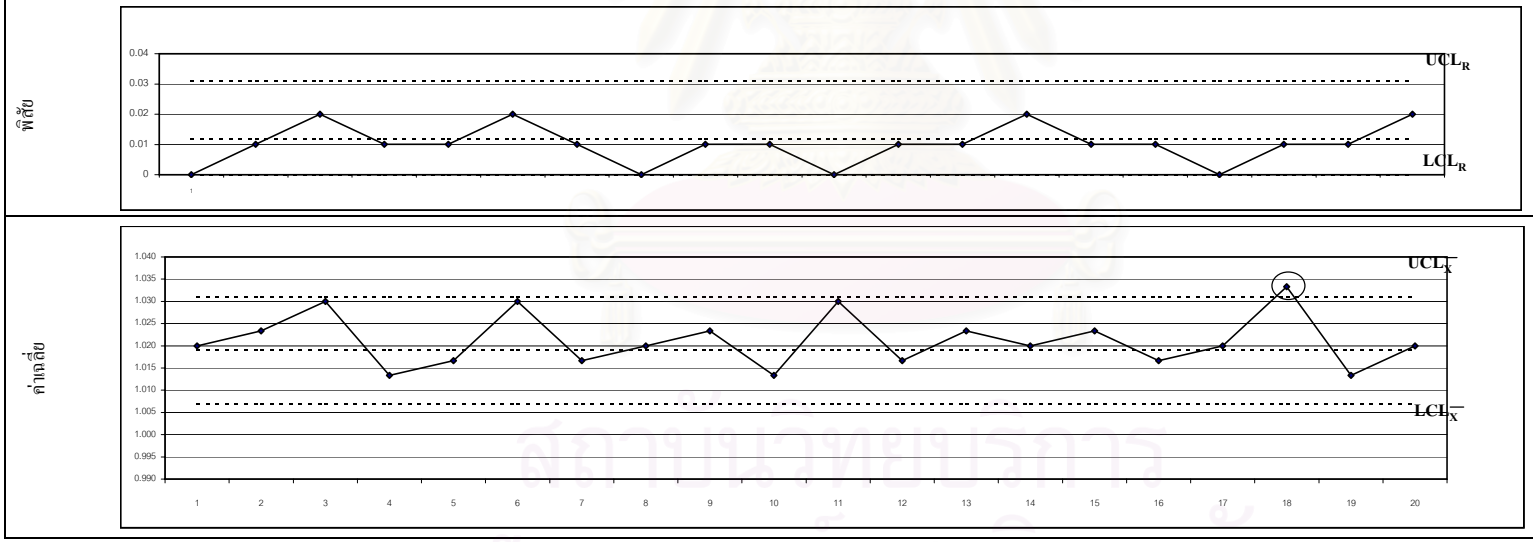


รูปที่ 19 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพของเดือนกันยายนเครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Lock Gear	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPD 005 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความสูงของฟันเฟือง	เดือนที่ทำการทดลอง	ธันวาคม 2543
ขนาด	3.5 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.08 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	1.02	1.02	1.04	1.01	1.02	1.04	1.02	1.02	1.02	1.01	1.03	1.01	1.02	1.03	1.02	1.01	1.02	1.03	1.01	1.03	
	2	1.02	1.03	1.02	1.02	1.01	1.02	1.02	1.02	1.03	1.01	1.03	1.02	1.02	1.01	1.02	1.02	1.02	1.03	1.01	1.02	
	3	1.02	1.02	1.03	1.01	1.02	1.03	1.01	1.02	1.02	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.04	1.02	1.01	
ผลรวม		3.06	3.07	3.09	3.04	3.05	3.09	3.05	3.06	3.07	3.04	3.09	3.05	3.07	3.06	3.07	3.05	3.06	3.10	3.07	3.06	
พิสัย (R)		0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		1.02	1.02	1.03	1.01	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.01	1.02	1.02

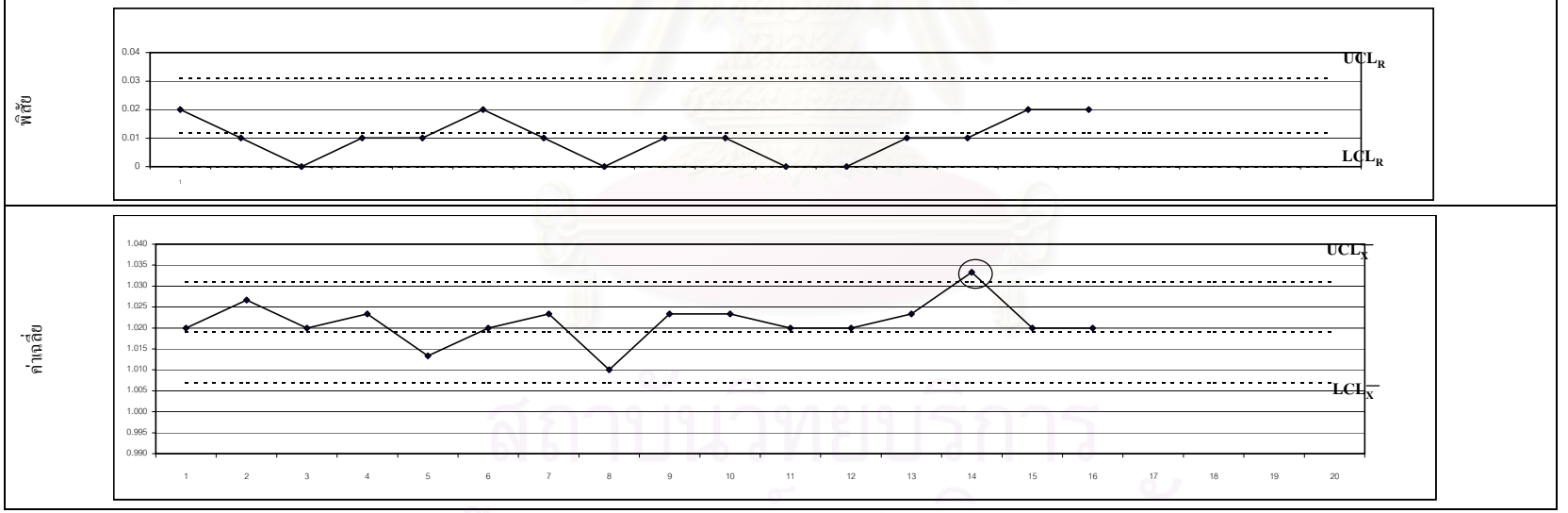


รูปที่ 20 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนธันวาคมของเครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Lock Gear	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPD 005 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความสูงของฟันเฟือง	เดือนที่ทำการทดลอง	มกราคม 2544
ขนาด	3.5 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 0.08 มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	1.03	1.03	1.02	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.04	1.03	1.03					
	2	1.02	1.02	1.02	1.03	1.01	1.01	1.03	1.01	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.02	1.02					
	3	1.01	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.02	1.03	1.02	1.02	1.03	1.03	1.01	1.01					
ผลรวม		3.06	3.08	3.06	3.07	3.04	3.06	3.07	3.03	3.07	3.07	3.06	3.06	3.07	3.10	3.06	3.06					
พิสัย	(R)	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02					0.01
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	1.02	1.03	1.02	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.02	1.02					1.02

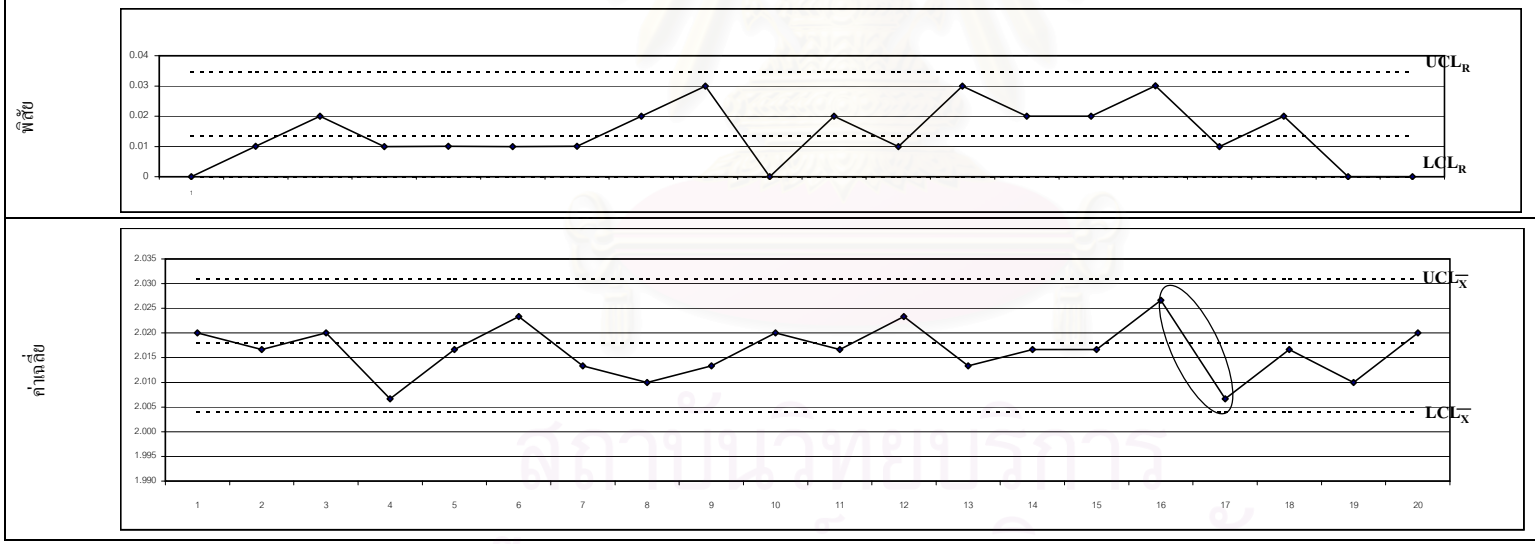


รูปที่ 21 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนมกราคมของเครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Sector Gear	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPD 004 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความสูงของฟันเฟือง	เดือนที่ทำการทดลอง	กรกฎาคม 2543
ขนาด	3.0 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	$\pm^{0.01}_{0.15}$ มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	2.02	2.02	2.01	2.00	2.02	2.02	2.01	2.00	2.01	2.02	2.01	2.02	2.01	2.01	2.01	2.03	2.00	2.01	2.01	2.02	
	2	2.02	2.01	2.02	2.01	2.01	2.03	2.02	2.02	2.03	2.02	2.01	2.02	2.03	2.01	2.01	2.04	2.01	2.01	2.01	2.02	
	3	2.02	2.02	2.03	2.01	2.02	2.02	2.01	2.01	2.00	2.02	2.03	2.03	2.00	2.03	2.03	2.01	2.01	2.03	2.01	2.02	
ผลรวม		6.06	6.05	6.06	6.02	6.05	6.07	6.04	6.03	6.04	6.06	6.05	6.07	6.04	6.05	6.05	6.08	6.02	6.05	6.03	6.06	
พิสัย (R)		0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.014
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		2.02	2.02	2.02	2.01	2.02	2.02	2.01	2.01	2.01	2.02	2.02	2.02	2.01	2.02	2.02	2.03	2.01	2.02	2.01	2.02	2.02

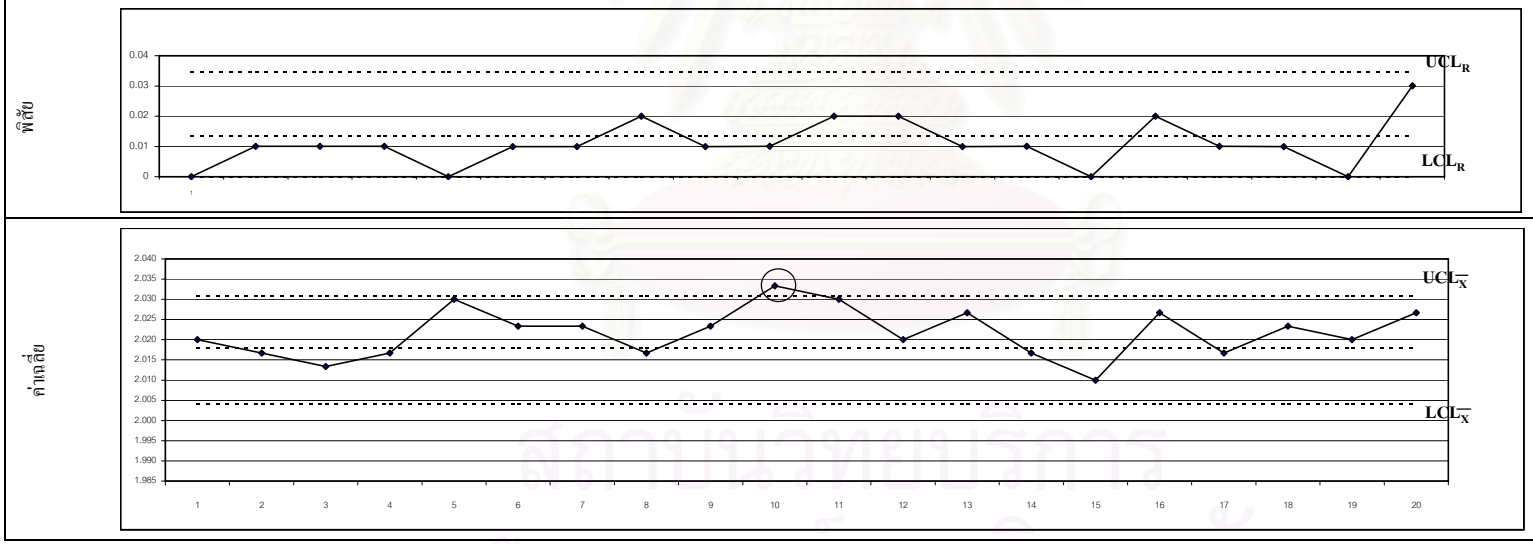


รูปที่ 22 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนกรกฎาคมของเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Sector Gear	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPD 004 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความสูงของฟันเฟือง	เดือนที่ทำการทดลอง	ธันวาคม 2543
ขนาด	3.0 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	$\pm^{0.01}_{0.15}$ มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	2.02	2.01	2.01	2.02	2.03	2.02	2.02	2.01	2.02	2.03	2.03	2.03	2.03	2.02	2.01	2.02	2.02	2.02	2.02	2.01	
	2	2.02	2.02	2.01	2.02	2.03	2.02	2.02	2.03	2.02	2.03	2.04	2.02	2.02	2.02	2.01	2.02	2.01	2.02	2.02	2.03	
	3	2.02	2.02	2.02	2.01	2.03	2.03	2.03	2.01	2.03	2.04	2.02	2.01	2.03	2.01	2.01	2.04	2.02	2.03	2.02	2.04	
ผลรวม		6.06	6.05	6.04	6.05	6.09	6.07	6.07	6.05	6.07	6.10	6.09	6.06	6.08	6.05	6.03	6.08	6.05	6.07	6.06	6.08	
พิสัย (R)		0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.011
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		2.02	2.02	2.01	2.02	2.03	2.02	2.02	2.02	2.02	2.03	2.03	2.02	2.03	2.02	2.01	2.03	2.02	2.02	2.02	2.03	2.02

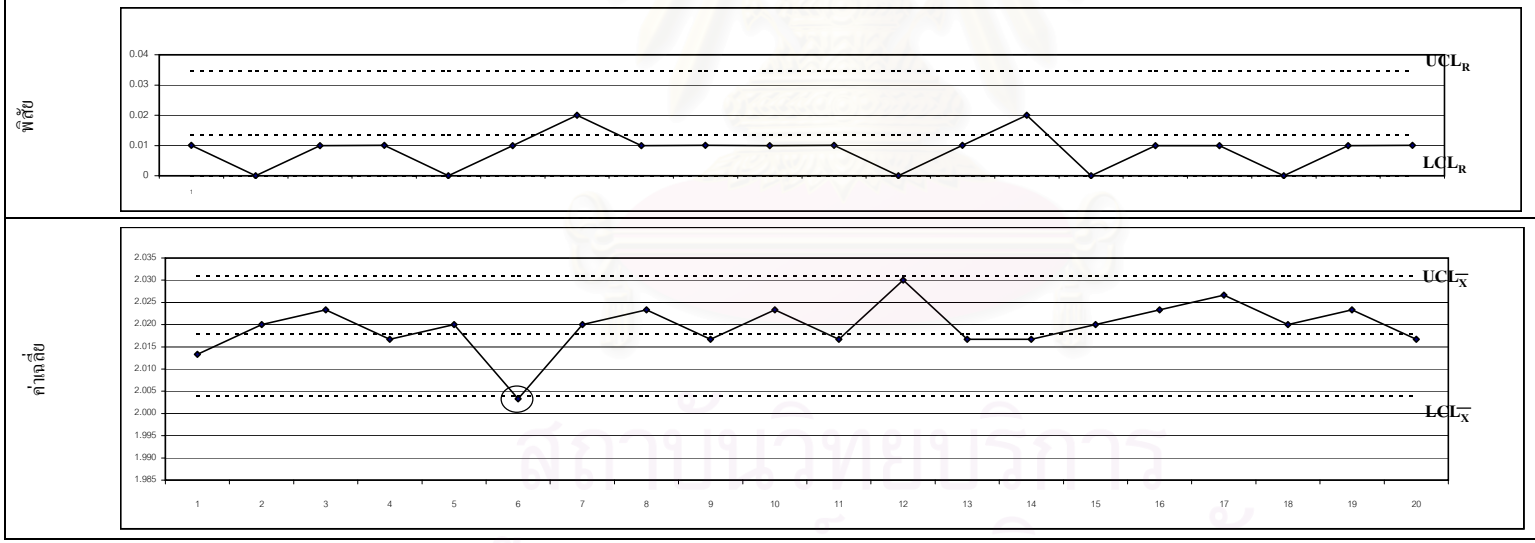


รูปที่ 23 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนธันวาคมของเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Sector Gear	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPD 004 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความสูงของฟันเฟือง	วันที่เริ่มทำการทดลอง	มกราคม 2544
ขนาด	3.0 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	$\pm^{0.01}_{0.15}$ มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	2.01	2.02	2.03	2.02	2.02	2.00	2.03	2.03	2.01	2.03	2.02	2.03	2.02	2.01	2.02	2.03	2.02	2.02	2.03	2.02	
	2	2.01	2.02	2.02	2.01	2.02	2.01	2.01	2.02	2.02	2.02	2.02	2.03	2.01	2.01	2.02	2.02	2.03	2.02	2.02	2.01	
	3	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.00	2.02	2.02	2.02	2.02	2.01	2.03	2.02	2.03	2.02	2.02	2.03	2.02	2.02	2.02	
ผลรวม		6.04	6.06	6.07	6.05	6.06	6.01	6.06	6.07	6.05	6.07	6.05	6.09	6.05	6.05	6.06	6.07	6.08	6.06	6.07	6.05	
พิสัย (R)		0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.0085
ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)		2.01	2.02	2.02	2.02	2.02	2.00	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.03	2.02	2.02	2.02	2.02	2.03	2.02	2.02	2.02	2.02

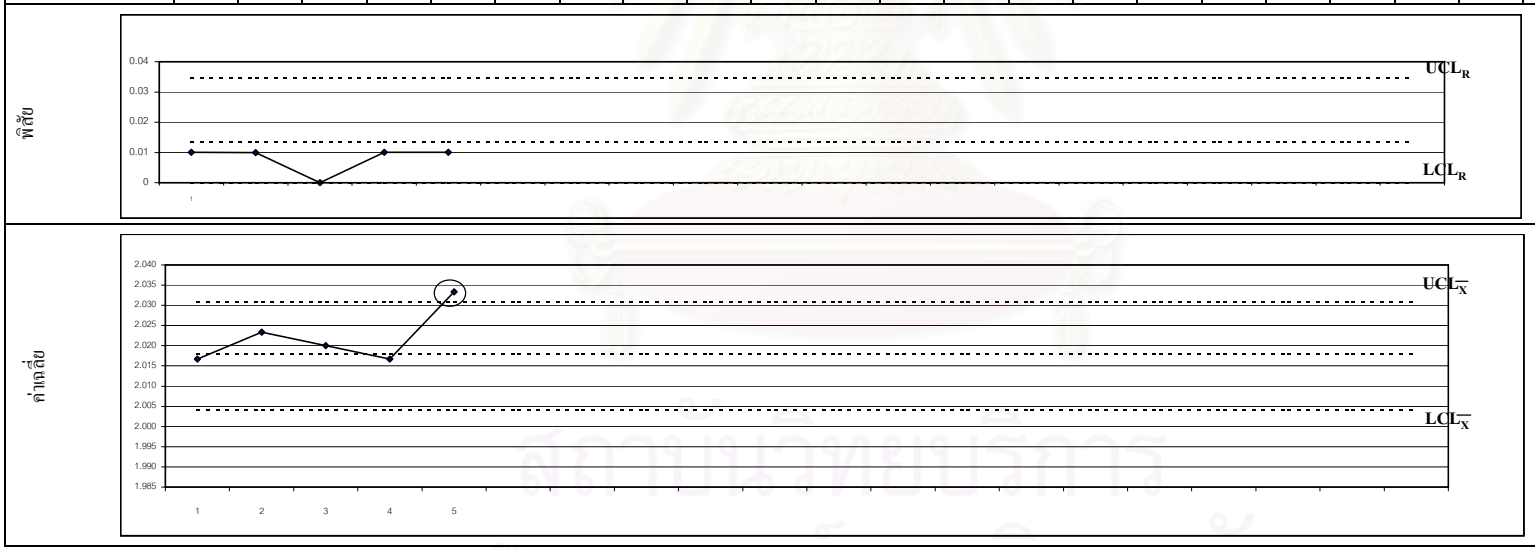


รูปที่ 24 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนมกราคมของเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	Sector Gear	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPD 004 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ความสูงของฟันเฟือง	เดือนที่ทำการทดลอง	กุมภาพันธ์ 2544
ขนาด	3.0 มิลลิเมตร	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	$\pm^{0.01}_{0.15}$ มิลลิเมตร	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	2.01	2.02	2.02	2.02	2.03																
	2	2.02	2.03	2.02	2.01	2.03																
	3	2.02	2.02	2.02	2.02	2.04																
ผลรวม		6.05	6.07	6.06	6.05	6.10																
พิสัย	(R)	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01																0.01
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	2.02	2.02	2.02	2.02	2.03																2.02

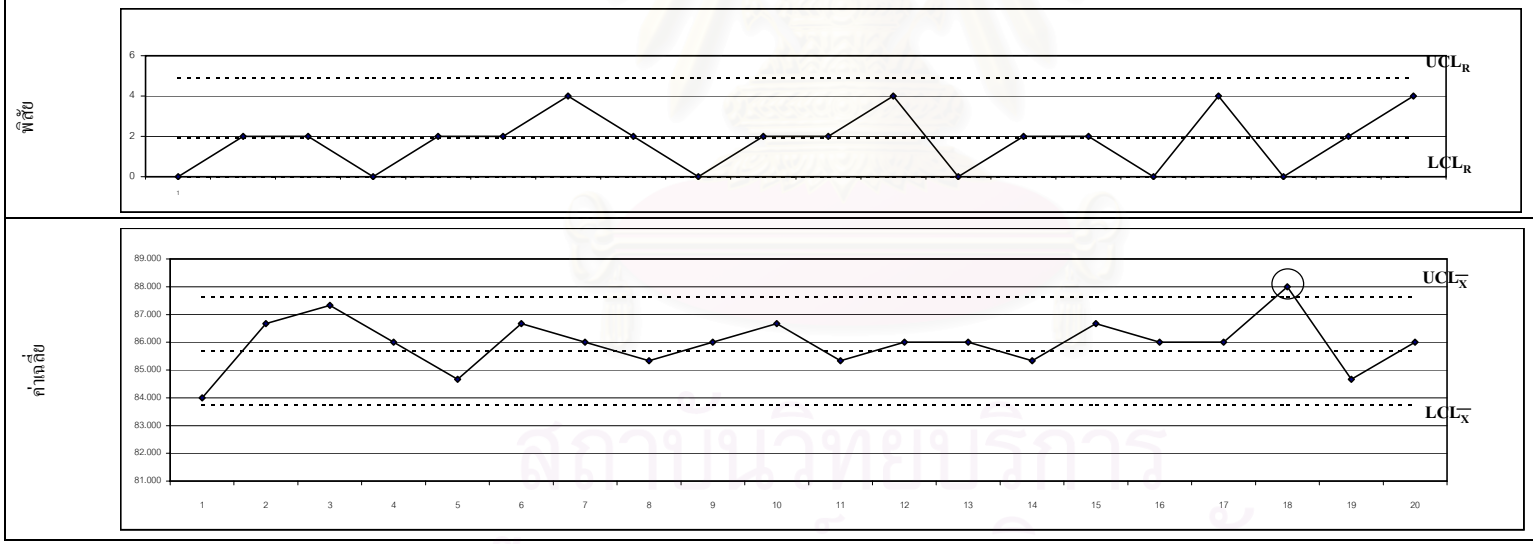


รูปที่ 25 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนกุมภาพันธ์ของเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดทดสอบความแข็งยาง	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	PVC Sapong Leather	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPRD 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ค่าความแข็ง	เดือนที่ทำการทดลอง	กรฎาคม 2543
ขนาด	100 deg.	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 5 deg	หน่วยวัด	deg

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	84.00	86.00	86.00	86.00	86.00	88.00	88.00	86.00	86.00	86.00	86.00	84.00	86.00	86.00	86.00	86.00	84.00	88.00	84.00	84.00	
	2	84.00	88.00	88.00	86.00	84.00	86.00	84.00	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00	84.00	88.00	86.00	88.00	88.00	84.00	86.00	
	3	84.00	86.00	88.00	86.00	84.00	86.00	86.00	84.00	86.00	88.00	84.00	88.00	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00	88.00	86.00	88.00	
ผลรวม		252.00	260.00	262.00	258.00	254.00	260.00	258.00	256.00	258.00	260.00	256.00	258.00	258.00	256.00	260.00	258.00	258.00	264.00	254.00	258.00	
พิสัย	(R)	0.00	2.00	2.00	0.00	2.00	2.00	4.00	2.00	0.00	2.00	2.00	4.00	0.00	2.00	2.00	0.00	4.00	0.00	2.00	4.00	1.8
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	84.00	86.67	87.33	86.00	84.67	86.67	86.00	85.33	86.00	86.67	85.33	86.00	86.00	85.33	86.67	86.00	86.00	88.00	84.67	86.00	85.97

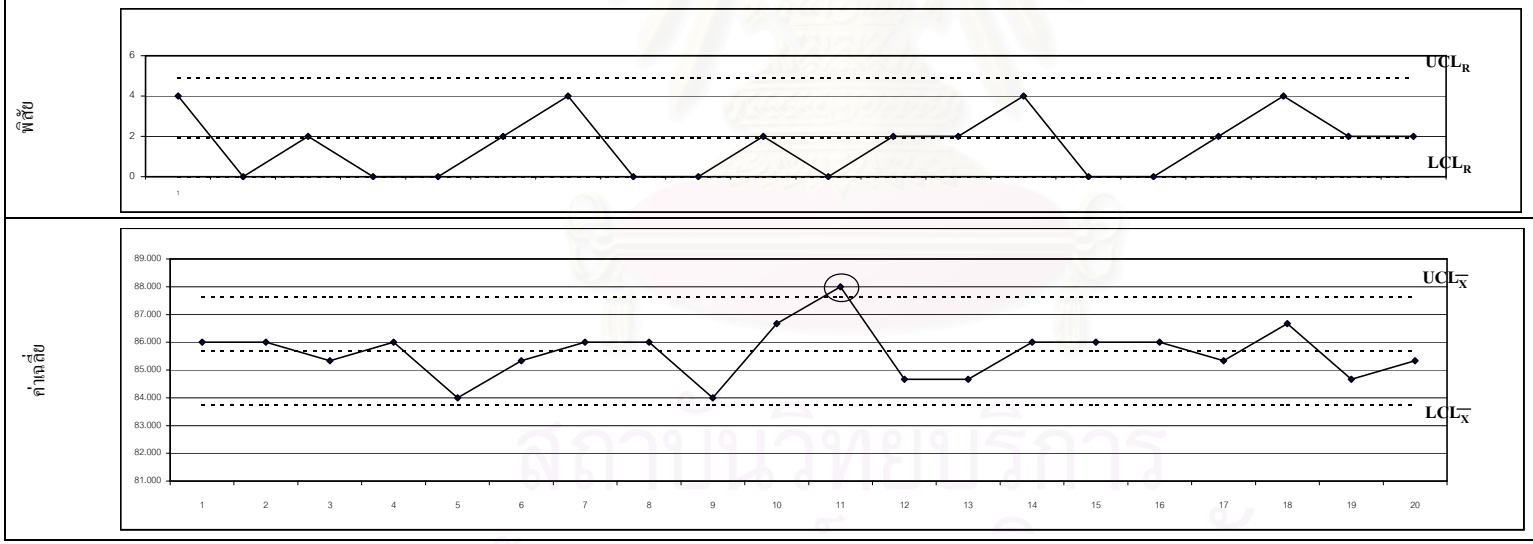


รูปที่ 26 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนกรกฎาคมของเครื่องทดสอบความแข็งยาง

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดทดสอบความแข็งยาง	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	PVC Sapong Leather	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPRD 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ค่าความแข็ง	เดือนที่ทำการทดลอง	ตุลาคม 2543
ขนาด	100 deg.	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	ท 5 deg	หน่วยวัด	deg

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	88.00	86.00	86.00	86.00	84.00	86.00	86.00	86.00	84.00	88.00	88.00	86.00	84.00	88.00	86.00	86.00	86.00	88.00	86.00	84.00	
	2	84.00	86.00	84.00	86.00	84.00	86.00	84.00	86.00	84.00	86.00	88.00	84.00	84.00	84.00	86.00	86.00	86.00	84.00	84.00	86.00	
	3	86.00	86.00	86.00	86.00	84.00	84.00	88.00	86.00	84.00	86.00	88.00	84.00	86.00	86.00	86.00	86.00	84.00	88.00	84.00	86.00	
ผลรวม		258.00	258.00	256.00	258.00	252.00	256.00	258.00	258.00	252.00	260.00	264.00	254.00	254.00	258.00	258.00	258.00	256.00	260.00	254.00	256.00	
พิสัย	(R)	4.00	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	4.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	2.00	4.00	0.00	0.00	2.00	4.00	2.00	2.00	1.6
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	86.00	86.00	85.33	86.00	84.00	85.33	86.00	86.00	84.00	86.67	88.00	84.67	84.67	86.00	86.00	86.00	85.33	86.67	84.67	85.33	85.63

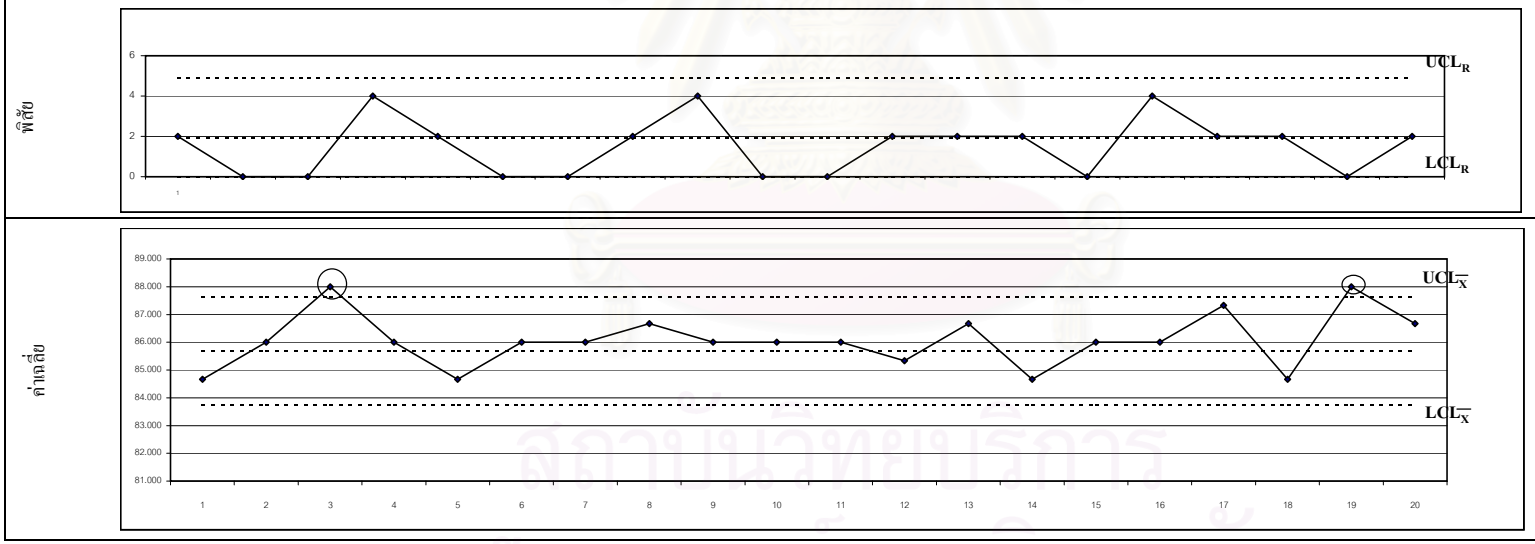


รูปที่ 27 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนตุลาคมของเครื่องทดสอบความแข็งยาง

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องวัดทดสอบความแข็งยาง	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	PVC Sapong Leather	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPRD 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	ค่าความแข็ง	เดือนที่ทำการทดลอง	ธันวาคม 2543
ขนาด	100 deg.	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 5 deg	หน่วยวัด	deg

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	84.00	86.00	88.00	88.00	84.00	86.00	86.00	86.00	84.00	86.00	86.00	86.00	86.00	84.00	86.00	86.00	86.00	84.00	88.00	86.00	
	2	86.00	86.00	88.00	86.00	86.00	86.00	86.00	88.00	88.00	86.00	86.00	86.00	88.00	84.00	86.00	88.00	88.00	86.00	88.00	88.00	
	3	84.00	86.00	88.00	84.00	84.00	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00	86.00	84.00	86.00	86.00	86.00	84.00	88.00	84.00	88.00	86.00	
ผลรวม		254.00	258.00	264.00	258.00	254.00	258.00	258.00	260.00	258.00	258.00	258.00	256.00	260.00	254.00	258.00	258.00	262.00	254.00	264.00	260.00	
พิสัย	(R)	2.00	0.00	0.00	4.00	2.00	0.00	0.00	2.00	4.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00	4.00	2.00	2.00	0.00	2.00	1.5
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	84.67	86.00	88.00	86.00	84.67	86.00	86.00	86.67	86.00	86.00	86.00	85.33	86.67	84.67	86.00	86.00	87.33	84.67	88.00	86.67	86.07

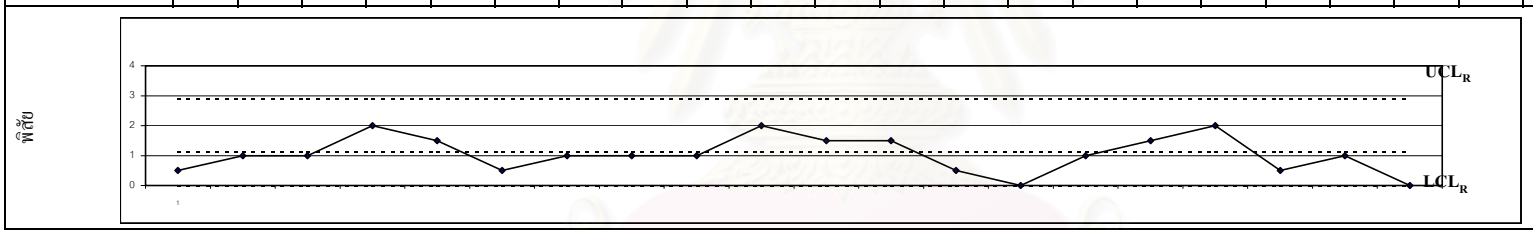


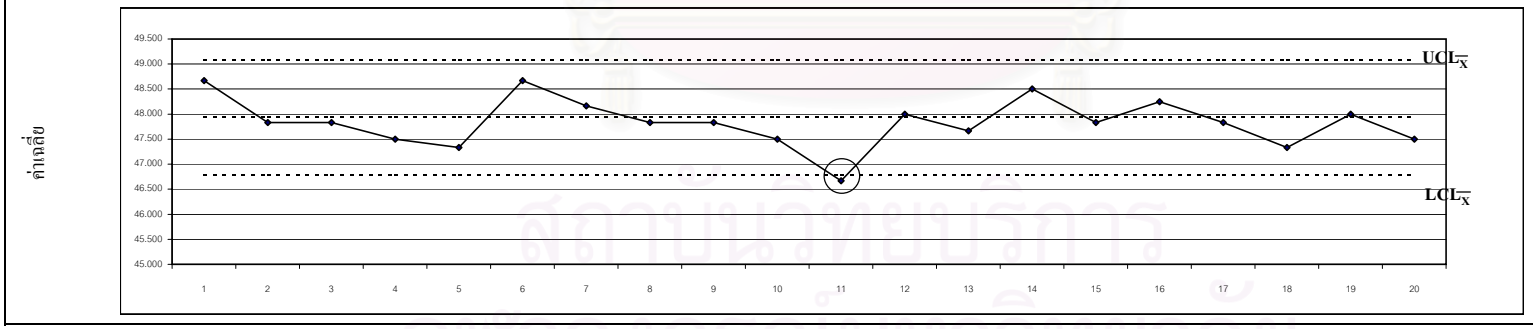
รูปที่ 28 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนธันวาคมของเครื่องทดสอบความแข็งยาง

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด $(\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องทดสอบความความแข็ง	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	ชิ้นงานมาตรฐาน	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPH 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เดือนที่ทำการทดลอง	ตุลาคม 2543
ขนาด	100 HR_C	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 5 HR_C	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	48.50	47.50	48.50	47.50	47.50	48.50	48.50	47.50	48.50	48.50	46.00	48.50	48.00	48.50	47.50	49.00	47.00	47.50	48.50	47.50	
	2	49.00	48.50	47.50	46.50	46.50	48.50	48.50	47.50	47.50	47.50	46.50	47.00	47.50	48.50	47.50	47.50	49.00	47.50	48.00	47.50	
	3	48.50	47.50	47.50	48.50	48.00	49.00	47.50	48.50	47.50	46.50	47.50	48.50	47.50	48.50	48.50	48.25	47.50	47.00	47.50	47.50	
ผลรวม		146.00	143.50	143.50	142.50	142.00	146.00	144.50	143.50	143.50	142.50	140.00	144.00	143.00	145.50	143.50	144.75	143.50	142.00	144.00	142.50	
พิสัย	(R)	0.50	1.00	1.00	2.00	1.50	0.50	1.00	1.00	1.00	2.00	1.50	1.50	0.50	0.00	1.00	1.50	2.00	0.50	1.00	0.00	1.050
ค่าเฉลี่ย	$(\overline{X})$	48.67	47.83	47.83	47.50	47.33	48.67	48.17	47.83	47.83	47.50	46.67	48.00	47.67	48.50	47.83	48.25	47.83	47.33	48.00	47.50	47.838



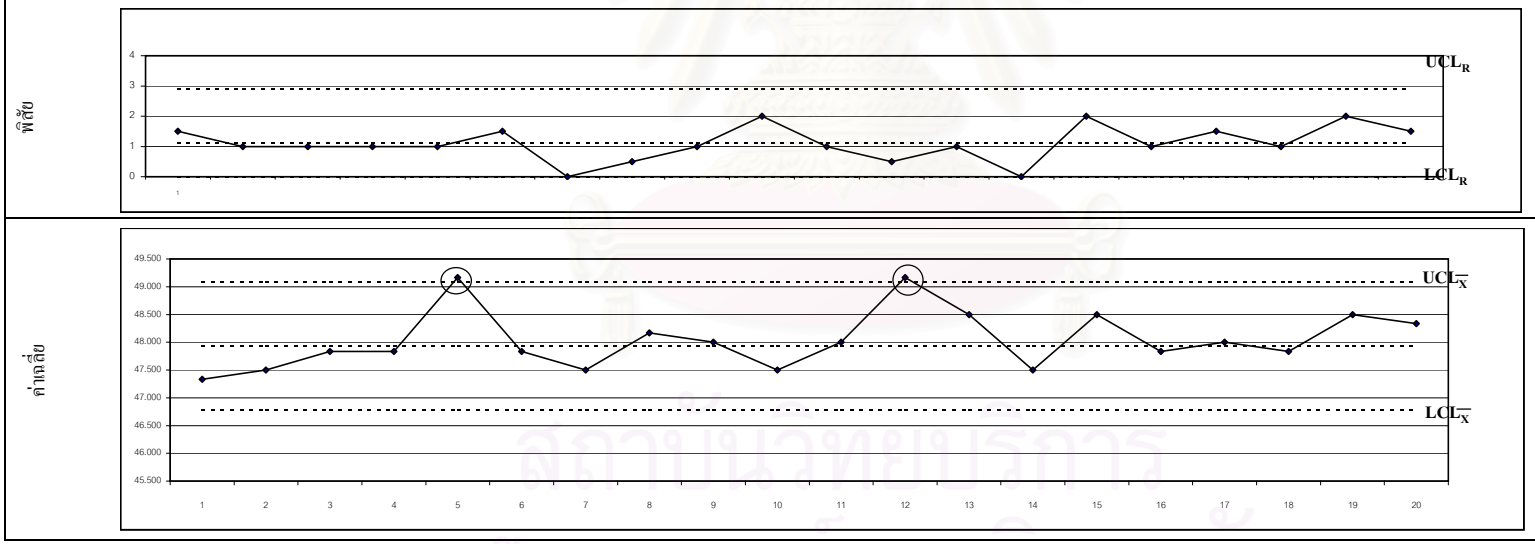


รูปที่ 29 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนตุลาคมของเครื่องวัดความแข็ง

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องทดสอบความความแข็ง	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	ชิ้นงานมาตรฐาน	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPH 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	วันที่เริ่มทำการทดลอง	มกราคม 2544
ขนาด	100 HR_C	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	ท 5 HR_C	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	46.50	47.00	47.50	47.50	49.50	48.00	47.50	48.50	48.50	46.50	48.50	49.00	48.00	47.50	49.50	48.50	48.50	47.50	49.50	48.50	
	2	47.50	48.00	48.50	48.50	49.50	47.00	47.50	48.00	48.00	47.50	48.00	49.50	49.00	47.50	47.50	47.50	48.50	48.50	47.50	47.50	
	3	48.00	47.50	47.50	47.50	48.50	48.50	47.50	48.00	47.50	48.50	47.50	49.00	48.50	47.50	48.50	47.50	47.00	47.50	48.50	49.00	
ผลรวม		142.00	142.50	143.50	143.50	147.50	143.50	142.50	144.50	144.00	142.50	144.00	147.50	145.50	142.50	145.50	143.50	144.00	143.50	145.50	145.00	
พิสัย	(R)	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	0.00	0.50	1.00	2.00	1.00	0.50	1.00	0.00	2.00	1.00	1.50	1.00	2.00	1.50	1.100
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	47.33	47.50	47.83	47.83	49.17	47.83	47.50	48.17	48.00	47.50	48.00	49.17	48.50	47.50	48.50	47.83	48.00	47.83	48.50	48.33	48.042

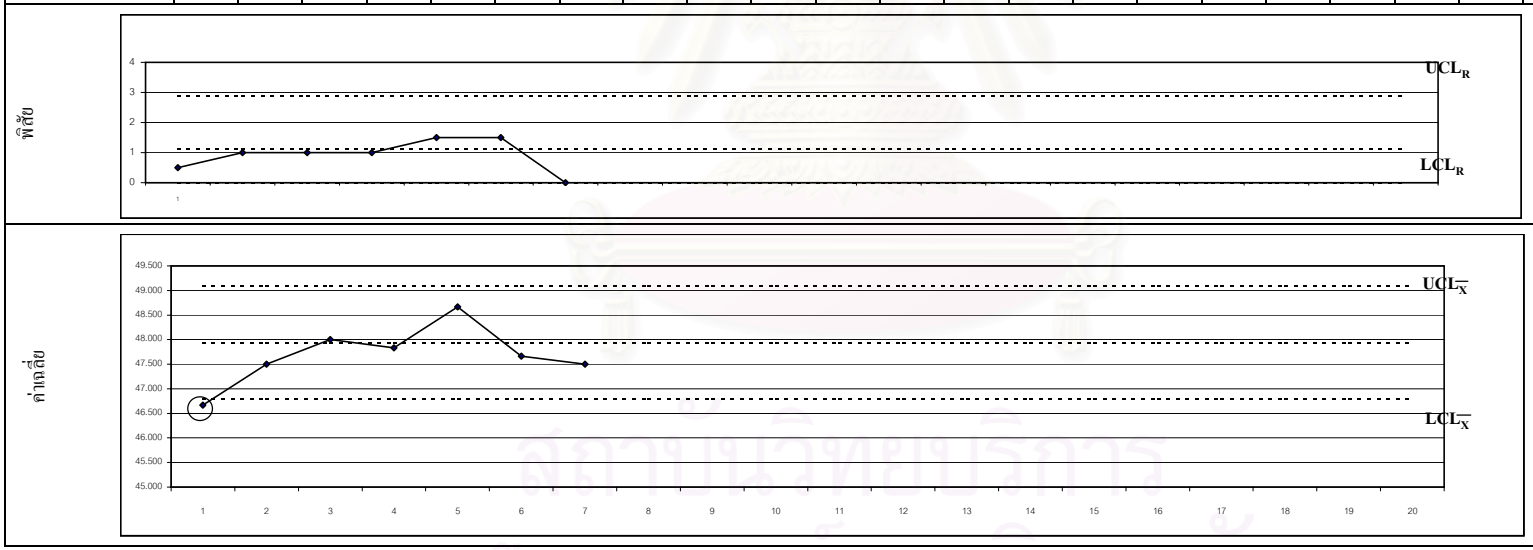


รูปที่ 30 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพของเครื่องวัดความแข็ง

แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\overline{X}$ - R)

ชื่อเครื่องมือวัด	เครื่องทดสอบความความแข็ง	ฝ่าย	ตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน	ชิ้นงานมาตรฐาน	แผนภูมิที่	
เลขโค้ด	BPH 001 QA INSP	แผนก	ประกันคุณภาพ	พารามิเตอร์	เส้นผ่านศูนย์กลาง	วันที่เริ่มทำการทดลอง	กุมภาพันธ์ 2544
ขนาด	100 HR_C	ชื่อผู้ทำการทดลอง		พิกัดความเผื่อ	± 5 HR_C	หน่วยวัด	มิลลิเมตร

วันที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	ค่าเฉลี่ย
ค่าวัด	1	46.50	47.00	47.50	47.50	48.50	47.50	47.50														
	2	46.50	48.00	48.00	48.50	49.50	47.00	47.50														
	3	47.00	47.50	48.50	47.50	48.00	48.50	47.50														
ผลรวม		140.00	142.50	144.00	143.50	146.00	143.00	142.50														
พิสัย	(R)	0.50	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	0.00														0.929
ค่าเฉลี่ย	($\overline{X}$)	46.67	47.50	48.00	47.83	48.67	47.67	47.50														47.690



รูปที่ 31 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R สำหรับประเมินความเสถียรภาพเดือนกุมภาพันธ์ของเครื่องวัดความแข็ง

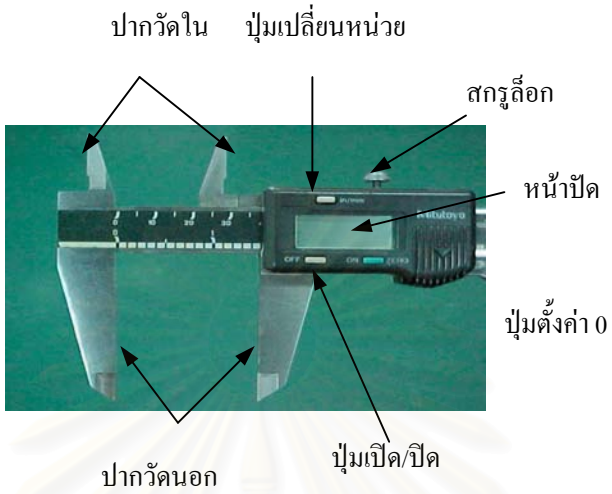
ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้ดิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

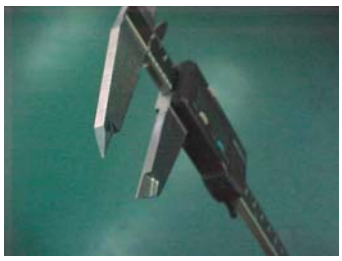
โครงสร้างของดิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์



ข้อควรปฏิบัติก่อนใช้งานดิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

1. ก่อนใช้งานทำการตรวจสภาพทั่วไปก่อนใช้งาน ได้แก่
   - แบตเตอร์รี่ ต้องสามารถอ่านค่าบนหน้าปัดได้ชัดเจนไม่เลือนลาง

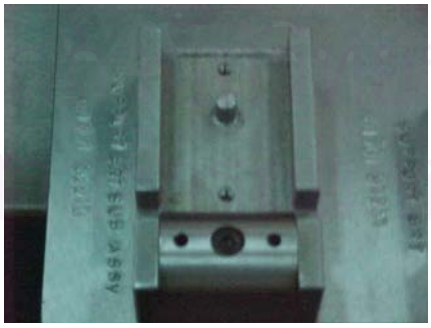
   - ตรวจดูปากด้านนอกและปากด้านในเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ว่าความเรียบเสมอกันและมีรอย บิ่น แตก หัก ร้าว หรือสิ่งแปลกปลอมอยู่หรือไม่ โดยเมื่อเลื่อนปากเวอร์เนียร์ให้ชิดกันแล้วจะต้องไม่มีแสงรอดผ่านถ้าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์อยู่ในสภาพดังกล่าวห้ามนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์นั้นไปใช้งานและให้ดำเนินการแก้ไขต่อไป



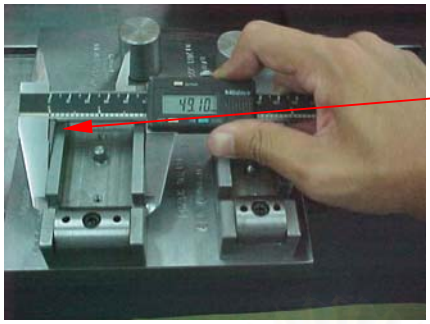
- ตรวจสอบองค์ประกอบต่าง ๆ ว่ามีครบหรือไม่ เช่น มีสกรู (เกลียวยึด) ถ้าไม่มีให้ดำเนินการแก้ไขห้ามนำมาใช้งาน
- ตรวจสอบการเลื่อนของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปมาว่ามีความลื่นพอประมาณโดยไม่ลื่น หรือฝืดเกินไป
- เลือกขนาดของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานที่จะทำการวัด

2. เมื่อทำการตรวจสภาพทั่วไปเรียบร้อยแล้ว ก่อนทำการวัดให้เลื่อนปากเวอร์เนียร์ให้ชิดกันแล้วทำการตั้งค่า 0 บริเวณหน้าปัด(ปากเวอร์เนียร์จะต้องแนบกันสนิท เมื่อทดลองส่องกับแสงต้องไม่มีแสงรอดผ่าน)

3. ตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงานที่จะทำการวัดต้องมีผิวเรียบและไม่มีสิ่งแปลกปลอม เช่น ครีบ และ เศษโลหะที่ตกค้างจากกระบวนการผลิต
4. ครีบปากเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ กับตำแหน่งที่จะทำการวัดและอยู่บริเวณโคนของปากวัด โดยใช้หัวแม่มือกด และให้พื้นที่ของปากเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์สัมผัสกับผิวชิ้นงานมากที่สุด



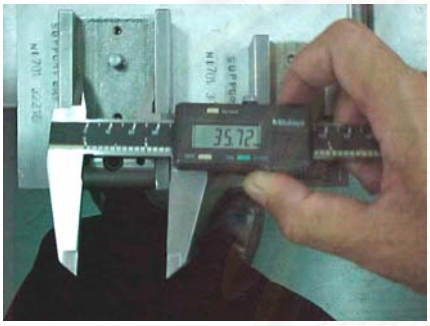
ชิ้นงานที่ต้องการวัด



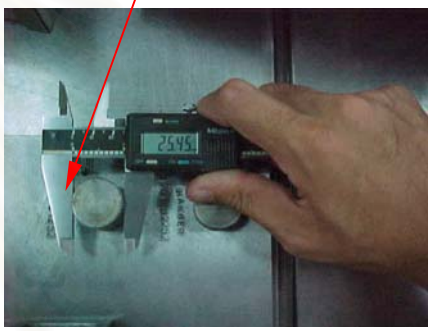
แนบสนิทเพื่อลดการโค้งงอของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ลักษณะการวัดขนาดชิ้นงาน ด้วยปากวัดนอก

ชิ้นงานจะอยู่ใกล้ส่วนโคนของปากวัด



ลักษณะการวัดขนาดชิ้นงาน ด้วยปากวัดนอก



ลักษณะการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยปากวัดนอก

5. ทำการอ่านค่าจากหน้าปัดซึ่งแสดงผลเป็นตัวเลข โดยที่สายตาในการอ่านจะต้องอยู่ในระดับเดียวกับหน้าปัดและตั้งฉากกัน เพราะเนื่องจากการอ่านค่าที่เอียงไปจากหน้าปัดแล้วอาจมองตัวเลขผิดพลาด
6. ควรทำการวัดค่าซ้ำ 2-3 ครั้ง แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะเป็นการลดความผันแปรจากการวัดได้ โดยไม่ควรที่จะวัดค่าเพียงครั้งเดียวจะทำให้ค่าที่ได้ขาดความถูกต้อง

$$\text{ค่าวัดที่ถูกต้อง} = \frac{\text{ค่าวัดครั้งที่ 1} + \text{ค่าวัดครั้งที่ 2} + \text{ค่าวัดครั้งที่ 3}}{3}$$

ข้อควรปฏิบัติในการใช้เวอร์เนียรคาลิปเปอร์

1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. เลือกใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ให้เหมาะกับการใช้งาน เช่น ขนาดของชิ้นงานที่จะทำการวัด โดย ต้องแน่ใจว่า ชนิด ย่านวัด การแบ่งสเกล และสเปคอื่น ๆ ของ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ต้องมีความเหมาะสมกับการใช้งาน
4. ระวังอย่าให้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ได้รับแรงกระแทก
    - ระวังไม่ให้เวอร์เนียรคาลิเปอร์หล่น
    - ไม่ควรเลื่อน เวอร์เนียร์คาลิเปอร์รุนแรง
5. ระวังอย่าให้ปากวัดได้รับความเสียหาย
    - อย่าใช้ปากวัดเพื่อเป็นวงเวียน หรือ ดีไวเดอร์
6. ทำความสะอาด เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ก่อนใช้งาน
    - ใช้ผ้าสะอาดหรือสำลีเช็ดด้ามและบริเวณหน้าสัมผัสที่ใช้วัด
7. ตรวจสอบความลื่นของตัวเลื่อนถ้าเกิดความเสียหายให้แก้ไขโดยการปรับ pressing screw และตั้ง screw
    - ปรับ Pressing screw และตั้ง screw ให้แน่นเมื่อเสียหาย ให้หมุนไปตามเข็มนาฬิกาประมาณ 1/8 รอบ(45°)
    - ทำในลักษณะเดิมขณะปรับมุมของ screws ให้ตัวเลื่อนมีความความลื่นที่เหมาะสม
8. การวัดขอบด้านนอก
    - ทำการวัดชิ้นงานในตำแหน่งที่แนบสนิทกับผิวอ้างอิง
    - ต้องแน่ใจว่าหน้าสัมผัสของปากวัดด้านนอกสัมผัสกับชิ้นงาน
9. การวัดด้านใน
    - ให้ปากกาวัดด้านในสัมผัสกับผิวชิ้นงานลึกที่สุดเท่าที่เป็นไปได้
    - เมื่อต้องการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางในให้อ่านสเกลเมื่อเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แสดงค่ามากที่สุด
    - เมื่อต้องการวัดความกว้างของร่องให้อ่านค่าเมื่อเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แสดงค่ามากที่สุด

10. การวัดความลึก

- ทำการอ่านค่าวัดเมื่อด้านท้ายของก้านวัดสเกลหลักสัมผัสกับชิ้นงาน

11. ขั้นตอนในการวัด

- ทำการอ่านค่าวัดเมื่อหน้าสัมผัสสัมผัสกับชิ้นงาน
- หลีกเลี่ยง parallax error โดยการอ่านสเกลโดยตรงจากด้านหน้า

12. หลังจากใช้งานแล้วใช้ผ้าเช็ดฝุ่นละอองและรอยนิ้วมือออกจากเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ด้วยผ้าแห้ง เมื่อต้องการเก็บเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์เป็นเวลานาน ควรใช้น้ำมันกันสนิทเช็ดทุกๆ ส่วน และให้น้ำมันแผ่กระจายทุกพื้นผิว

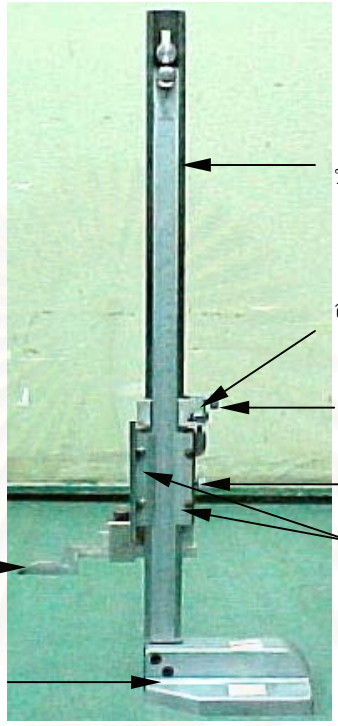
13 สิ่งที่ควรคำนึงเมื่อต้องการเก็บเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์

- อย่าให้เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ถูกแสงแดด
- เก็บเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ในที่ที่มีความชื้นต่ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก
- เก็บเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ในที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง
- อย่าวางเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ไว้บนพื้นโดยตรง
- ผิวที่ใช้สำหรับวัดจะมีค่าออกจากความขนานได้ได้ ระหว่าง 0.2 ถึง 2 mm. (0.008”ถึง 0.08”)
- อย่าทำการเลื่อนตัวเลื่อนในขณะที่ล็อกเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
- เก็บเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ไว้ในกล่องหรือถุงพลาสติกมิดชิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจ (Verneir Height Manual)

โครงสร้างเวอร์เนียร์ไฮเกจ



ลักษณะทั่วไปของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

ลักษณะของเวอร์เนียร์ไฮเกจดังแสดงในรูป รายละเอียดการออกแบบขึ้นกับผู้ผลิตแต่ละรายกำหนด ความถูกต้องของสมรรถนะของเวอร์เนียร์ไฮเกจขึ้นอยู่กับความแม่นยำของลักษณะต่าง ๆเช่น ความถูกต้องของการแบ่งสเกล คุณภาพของการวัด คุณสมบัติเชิงเส้นของขอบของเกจ ความเรียบของฐานอ้างอิงและผิวที่ใช้วัด ซึ่งผู้ผลิตจำเป็นจะต้องควบคุมในการผลิตเครื่องมือวัดอย่างดีพอ

มาตรฐาน British กำหนดความถูกต้องโดยอ้างอิงที่อุณหภูมิ 20°C และเวอร์เนียร์ไฮเกจในหน่วยเมตริกมีขนาดสูงสุดของสเกลหลัก 200 mm. และมีสเกลเวอร์เนียร์ที่มีความละเอียด 0.02 mm. เวอร์เนียไฮเกจในหน่วยอังกฤษมีสเกลหลักสูงสุดที่ 48 in. และสเกลเวอร์เนียร์มีความละเอียด 0.001 in .

1. กำหนดชื่อของส่วนต่าง ๆ

1.1 ย่านการวัด (measuring rang) ช่วงความยาวของเวอร์เนียไฮเกจที่ใช้ในการวัด โดยไม่รวมสเกลเวอร์เนียร์

1.2 ผิวอ้างอิง (zero datum surface) ระนาบที่ใช้รองรับเวอร์เนียไฮเกจ

1.3 ความเบี่ยงเบนของการอ่าน (deviation of reading) ความแตกต่างของความสูงจริงของผิวที่ต้องการวัดจาก zero datum surface และกับค่าที่อ่านได้จากเวอร์เนียร์

2. โครงสร้าง

2.1 วัสดุ (material) ส่วนประกอบที่ใช้ควรเป็น stainless steel ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อนในช่วง 10°C - 30 °C เท่ากับ (11.5+1.0)x10-6/ °C ผิวการวัดของ Sliding jaw และด้านล่างของฐานจะต้องมีความแข็งไม่น้อยกว่า 700 HV นอกจากนี้เวอร์เนียร์ไฮเกจจะต้องไม่มีความเค้นภายใน

2.2 ย่านการวัด (measuring rang)

Metric mm.	**Imperial In**
0 to 300	0 to 12
0 to 450	0 to 18
0 to 600	0 to 26
0 to 1000	0 to 36
	0 to 48

2.3 บรรทัด (beam) หน้าตัดของ beam จะต้องมีความแข็งแรงและคงทนในระหว่างการวัดทดสอบความแกร่งจะต้องมีความยาวเพียงพอเพื่อให้สามารถเลื่อนได้ ในกรณีที่มีขนาดเกินกว่า ความยาวปกติ

2.4 ฐาน (base) ฐานต้องมีขนาดเพียงพอต่อความมั่นคงของเกจ ด้านล่างของฐาน ควรทำเป็นร่องเปิดจากผิวอย่างน้อย 5 มิลลิเมตร หรือ 0.25 นิ้ว ฐานอ้างอิงควรมีความหยาบไม่เกิน 0.1 μm Ra หรือ 4 μin Ra

2.5 ตัวเลื่อน (slide) ต้องสามารถปรับละเอียดได้ตลอดช่วงความยาวของบรรทัด และระบบการล็อกจะต้องมีประสิทธิภาพในการล็อก หลังจากทำการปรับละเอียด และขนานกันตลอด

2.6 ปากวัด (Measuring jaw) โปรเจคชันของ measuring jaw จาก guiding edge ถึง beam จะต้องไม่น้อยกว่าค่าโปรเจคชันจาก guiding edge ของ beam ปากวัดจะต้องเรียบและขนานกับผิวภายใน 0.008 mm. หรือ 0.0003 in และผิวจะต้องไม่หยาบเกินกว่า 0.1μm Ra หรือ 4 μ in Ra

2.7 หัวทิป (Scriber) ผิวที่ใช้วัดจะต้องเรียบและขนานภายใน 0.005 mm. หรือ 0.0002 in. และต้องมีผิวสำเร็จไม่หยาบกว่า 0.1 μ mm.Ra หรือ 4 μ in.Ra โปรเจคชันของหัวทิปไปยังท้ายของปากวัดจะต้องมีค่าอย่างน้อย 25 mm. หรือ 1 in. Clamp จะต้องจัดให้หยุดหัวทิปในตำแหน่งบน jaws

3. สเกล

3.1 ทั่วไป สเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์จะแสดง ความยาวต่ำสุดของสเกลหลักจะเท่ากับย่านความยาวปกติของเครื่องมือวัดบวกกับความยาวของสเกลเวอร์เนียร์ Provision จะใช้สำหรับปรับค่าตำแหน่งศูนย์ใหม่

3.2 ขีดสเกล สเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์ จะต้องมีขีดสเกลที่ชัดเจนและตั้งฉากกับขอบของบรรทัด และความกว้างของขีดจะต้องไม่น้อยกว่า 0.08 mm. หรือ 0.003 In. และไม่มากกว่า 0.18 mm. หรือ 0.007 in. ความผันแปรของความหนาของเส้นจะต้องไม่เกิน 0.05 mm. หรือ 0.002 in ตลอดเครื่องมือวัด เวอร์เนียร์ไฮเกจทุกตัวจะต้องทำ mark ที่ชัดเจนบน เวอร์เนียร์ไฮเกจ โดยระบุชื่อบริษัทผู้ผลิตหรือเครื่องหมายการค้ามีความกว้างไม่น้อยกว่า 1 mm.

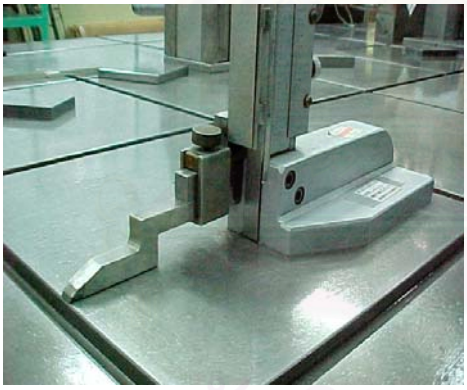
3.3 ความถูกต้องจากการอ่านค่า ความผันแปรของการอ่านที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในช่วงการวัดของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจ

1. ก่อนใช้งานทำการตรวจสภาพทั่วไปก่อนใช้งาน ได้แก่
   - ตรวจ scriber ว่าความเรียบเสมอกันและมีรอย บิ่น แตก หัก ร้าว หรือสิ่งแปลกปลอมอยู่หรือไม่

   - ทำการเลื่อนให้ scriber แนบชิด กับโต๊ะระดับซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับฐานของเวอร์เนียร์ไฮเกจจะต้องอ่านค่าจากสเกลเท่ากับศูนย์



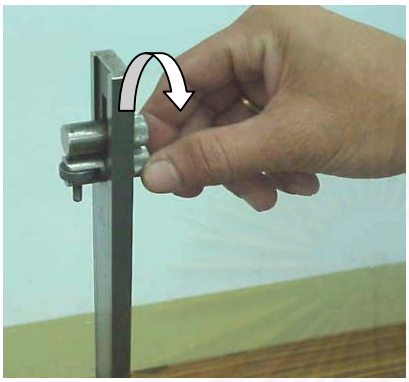
   - ถ้าตรวจสอบแล้วสเกลเวอร์เนียร์ไม่อ่านค่าได้เท่ากับ 0 ให้ทำการปรับค่าใหม่ตามขั้นตอนดังนี้

ภาพแสดงอุปกรณ์การปรับตั้งค่าสเกล (Provision)

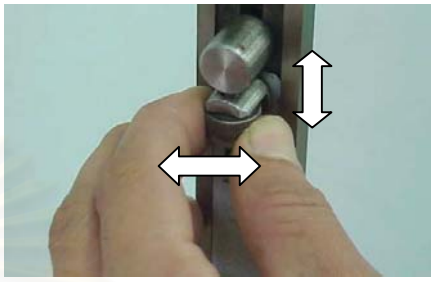
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

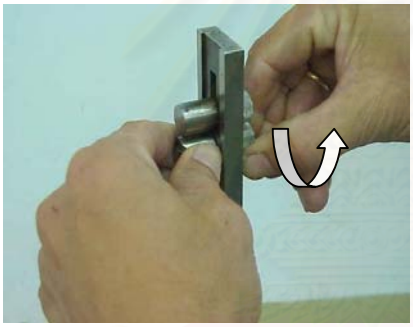
ภาพแสดงขั้นตอนการตั้งค่าเริ่มต้นของสเกล

ขั้นตอนที่ 1 คลายสกรูเพื่อเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ขึ้นหรือลง



ขั้นตอนที่ 2 ปรับตำแหน่งของสเกลบนบรรทัดให้เท่ากับ ศูนย์

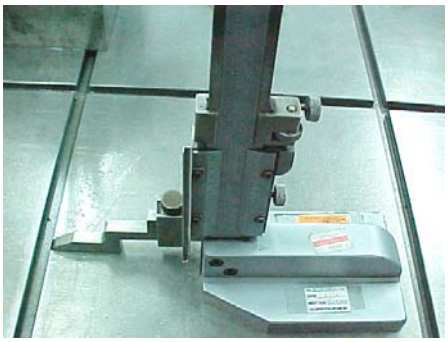




ขั้นตอนที่ 3 ทำการล็อกเพื่อไม่ให้สเกลเลื่อนตำแหน่ง

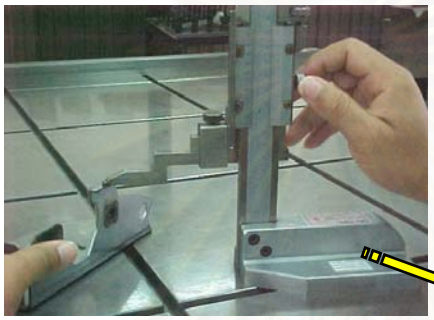
- ตรวจสอบองค์ประกอบต่าง ๆ ว่ามีครบหรือไม่ เช่น มีสกรู (เกลียวยึด) ถ้าไม่มีให้ดำเนินการแก้ไขห้ามนำมาใช้งาน
- ตรวจสอบการเลื่อนของเวอร์เนียร์ไฮเกจไปมาว่ามีความลื่นพอประมาณโดยไม่ลื่นหรือฝืดเกินไป
- เลือกขนาดของเวอร์เนียร์ไฮเกจให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานที่จะทำการวัด

2. ตรวจสอบบริเวณผิวชิ้นงานที่ต้องการวัดต้องเรียบไม่มีครีบหรือรอยเยิน แล้ววางชิ้นงานบนโต๊ะระดับโดยใช้อุปกรณ์ยึดจับตามความเหมาะสม



ภาพแสดงการวางเวอร์เนียร์ไฮเกจลงบนโต๊ะระดับ

3. เริ่มทำการวัดชิ้นงาน



เลื่อน scriber ลงสัมผัสกับผิวที่ต้องการวัดแล้วทำการอ่านค่าจากเวอร์เนียร์ไฮเกจ

ฐานของเวอร์เนียร์ไฮเกจจะต้องแนบสนิทกับโต๊ะระดับ

การใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจในการวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางของชิ้นงาน

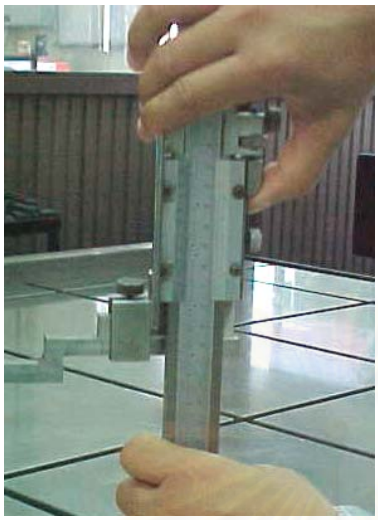
ต้องการตรวจสอบตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง

ขั้นตอนที่ 1 ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง

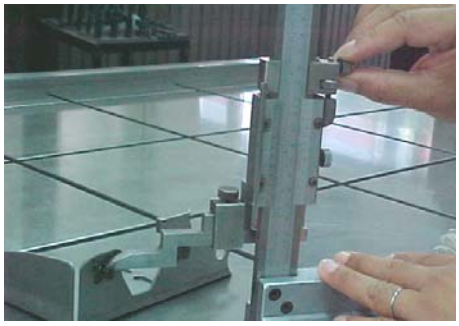
ขั้นตอนที่ 2 ใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจวัดความสูงของขอบล่างของรู

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

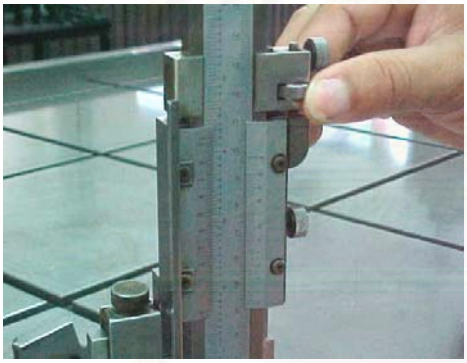
ขั้นตอนที่ 3 เลื่อน Scriber ขึ้นเท่ากับ 1/ 2 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง



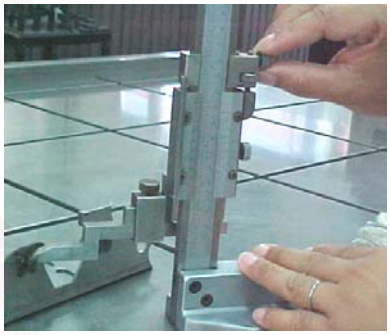
ขั้นตอนที่ 4 คลายสกรูล็อกตัวเลื่อนปรับละเอียด



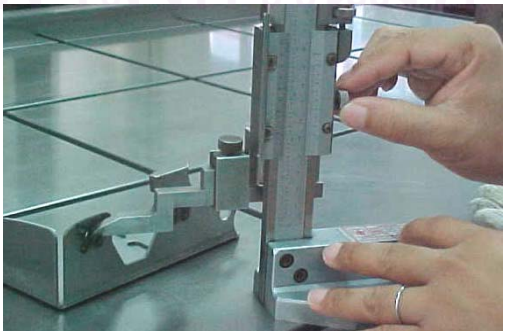
ขั้นตอนที่ 5 ทำการปรับให้ตัวเลื่อนให้เคลื่อนด้วยสเกลละเอียด



ขั้นตอนที่ 6 ทำการล็อกตำแหน่งตัวปรับสเกลละเอียด

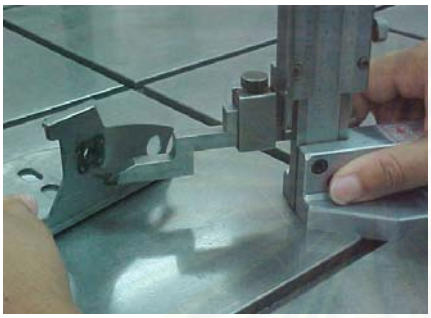


ขั้นตอนที่ 8 ทำการล็อกตำแหน่งของตัวเลื่อนและขีดเส้น lay out ระบุตำแหน่งความสูงของจุดศูนย์กลางรูจากฐาน



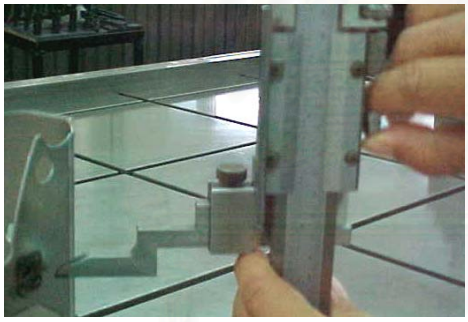
การใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจในการ lay out เพื่อทำการเจาะรู

ขั้นตอนที่ 1 ปรับความสูงของ Scriber ตามที่ต้องจากฐานในตำแหน่งที่ต้องการ lay out



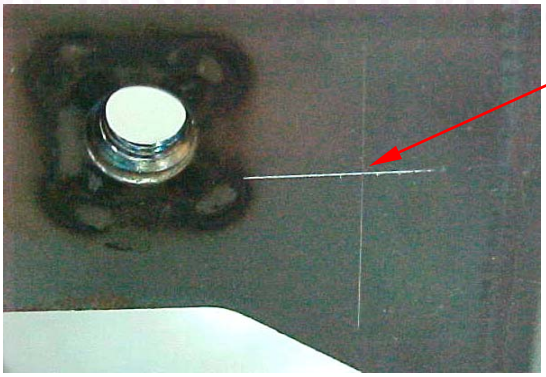
ขั้นตอนที่ 2 ขีดชิ้นงานด้วยปลายของ Scriber

ขั้นตอนที่ 3 ทำการปรับระยะห่างจากขอบชิ้นงานอีกด้านตามที่ต้องการ



ขั้นตอนที่ 4 ทำการขีดชิ้นงานด้วย Scriber

ขั้นตอนที่ 5 ตำแหน่งที่รอยขีดตัดกันคือจุดศูนย์กลางของรูที่ต้องการ

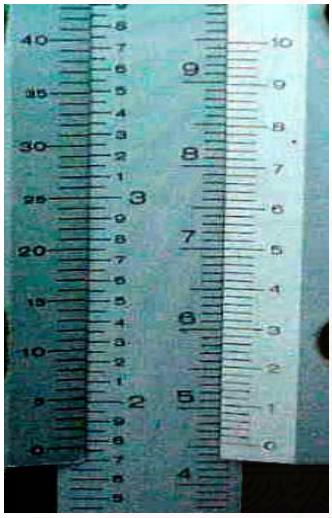


จุดตัดกันของเส้น lay out 2 เส้น

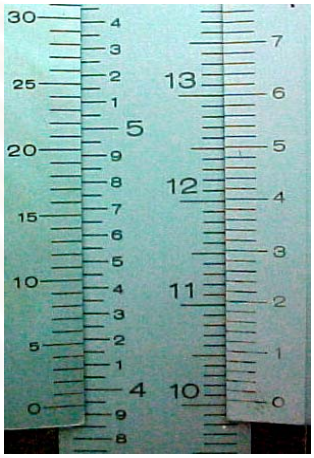
การอ่านค่าของเวอร์เนียร์ไฮเกจ

- สำหรับวิธีการอ่านค่าของเวอร์เนียร์ไฮเกจเหมือนกับวิธีการอ่านค่าบนเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยเริ่มจาก
  1. อ่านค่าบนสเกลหลักโดยดูขีดสเกลเลื่อนตรงเลขศูนย์ตรงกับขีดใด
  2. อ่านค่าจากสเกลเลื่อนโดยอ่านค่าที่ขีดตรงกับขีดสเกลใดบนสเกลหลัก(ในกรณีของเวอร์เนียร์ไฮเกจชนิดสเกลในหน่วยมิลลิเมตรความละเอียดเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร แสดงว่าแต่ละช่องของสเกลเวอร์เนียร์มีขนาดเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร ดังนั้นค่าที่อ่านได้ของทศนิยมตำแหน่งที่ 2 จะเป็นเลขคู่เท่านั้น)

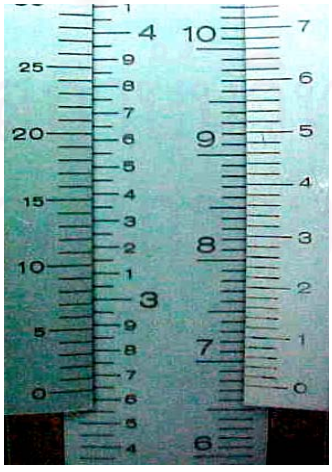
ตัวอย่างการอ่านค่าของเวอร์เนียร์ไฮเกจ



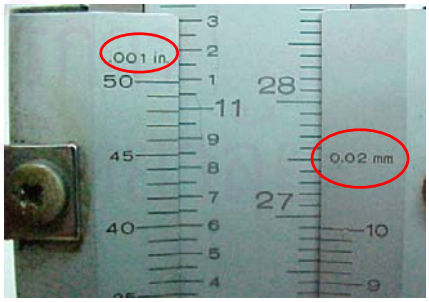
เท่ากับ 44.50 มิลลิเมตร



เท่ากับ 10.68 มิลลิเมตร



เท่ากับ 67.68 มิลลิเมตร



ภาพแสดงการระบุความละเอียดของสเกลเวอร์เนียร์

ข้อควรปฏิบัติในการใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจ

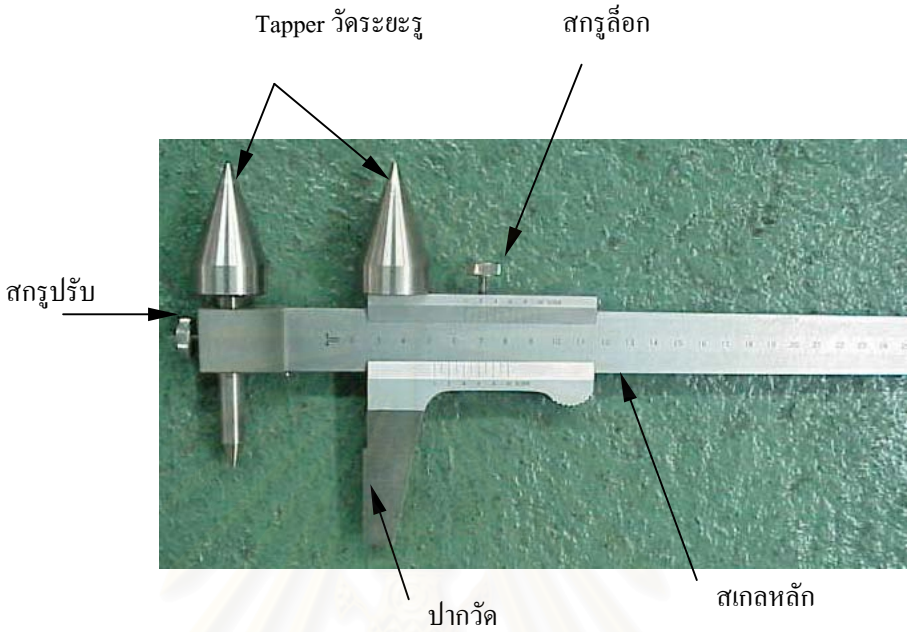
1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. เลือกใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจให้เหมาะสมกับการใช้งาน
   - ต้องแน่ใจว่า ชนิด ย่านวัด การแบ่งสเกล และสเป็คอื่น ๆ ของเวอร์เนียร์ไฮเกจเหมาะสมกับการใช้งาน
4. ระวังไม่ให้เวอร์เนียร์ไฮเกจได้รับการกระแทก
5. ระมัดระวังไม่ให้เวอร์เนียร์ไฮเกจหล่น
6. ระมัดระวังไม่ให้ scriber tip เสียหาย หรือถูกกระแทกกับอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนอื่น
7. ทำความสะอาดเวอร์เนียร์ไฮเกจก่อนใช้งาน
   - ใช้ผ้าสะอาดเช็ดบริเวณรางเลื่อนและหน้าสัมผัสของฐานรองและผิวที่ใช้ในการวัดของ scriber รวมทั้งแท่นระดับด้วย
8. ตรวจสอบรางเลื่อนไปมา ถ้ามีการชำรุดให้ดำเนินการแก้ไขโดยการปรับ pressing screw และตั้งสกรูใหม่
9. ขัน สกรูหยุด ให้แน่นอยู่เสมอเมื่อปรับตัวเลื่อนตั้งค่าหรือวัดได้ตามต้องการ โดยขันสกรูให้แน่น แล้วคลายสกรูออกประมาณ 30 °
10. เช็ดฝุ่นละอองออกจากฐานรอง และชิ้นงาน (เช่นเดียวกับเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์)
11. ระยะห่างจากหน้าสัมผัสของบรรทัดอ้างอิง ถึง scriber tip ควรจะสั้นที่สุดเท่าที่เป็นไปได้
12. ตั้งค่าศูนย์โดยอ้างอิงจากแท่นระดับ(surface plate)
13. หลีกเลี่ยงความความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่าเยื้อง(parallax error)โดยการอ่านสเกลจากแนวตรงด้านหน้า ควรทำการอ่านในแนวตรงกับหน้าตั้งฉากกับเส้นสเกล
14. ในขณะทำการปรับละเอียดระวังอย่าให้ฐานยกขึ้นโดยใช้มือข้างหนึ่งกดที่ฐานเมื่อเลื่อนตัวเลื่อนขึ้นหรือลง
15. หลังจากใช้งาน เช็ดทำความสะอาดฝุ่นและรอยนิ้วมือจากเวอร์เนียร์ไฮเกจ ด้วยผ้าแห้ง
16. เมื่อต้องการเก็บเวอร์เนียร์ไฮเกจเป็นเวลานาน ควรใช้น้ำมันกันสนิมเช็ดทุก ๆ ส่วนให้ทั่วพื้นผิว(ยกเว้นบริเวณที่เป็นคาร์ไบด์)
17. สิ่งที่ควรคำนึงเมื่อต้องการเก็บเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์
    - ระวังไม่ให้เวอร์เนียร์ไฮเกจถูกแสงแดด
    - เก็บเวอร์เนียร์ไฮเกจในที่ที่มีความชื้นต่ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก

- เก็บเวอร์เนียร์ในไฮเกจที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง
- อย่าวางเวอร์เนียร์ไฮเกจไว้บนพื้นโดยตรง
- อย่าทำการล็อกบริเวณตัวเลื่อน
- เก็บ เวอร์เนียร์ไฮเกจไว้ในกล่องหรือถุงพลาสติกมิดชิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

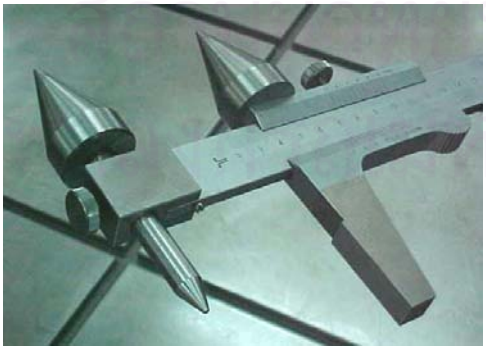
คู่มือการใช้เวอร์เนียร์วัดระยะรู (Verneir Hole Diameter)

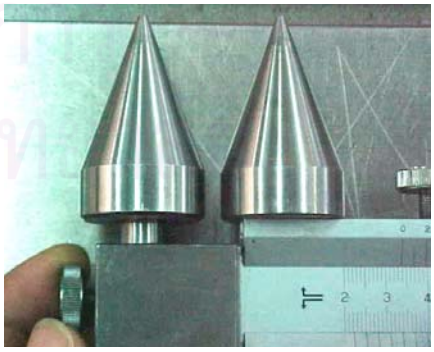
โครงสร้างของเวอร์เนียร์วัดระยะรู



ขั้นตอนการใช้งานเวอร์เนียร์วัดระยะรู

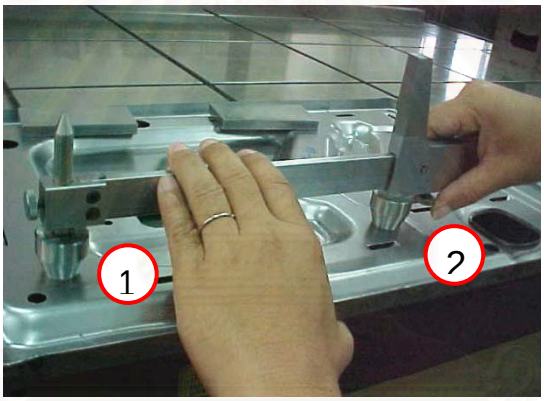
1. ตรวจดูปากด้านนอกและส่วน Tapper วัดรูของเวอร์เนียร์วัดระยะรูว่าความเรียบเสมอกันและมีรอย บิ่น แตก หัก ร้าว หรือสิ่งแปลกปลอมอยู่หรือไม่ โดยเมื่อเลื่อนปากเวอร์เนียร์ให้สุดแล้วความสูงของ Tapper วัดรูจะต้องเท่ากัน (เมื่อต้องการวัดรูที่อยู่ในระดับเดียวกัน) ถ้าเวอร์เนียร์ไม่อยู่ในสภาพดังกล่าวห้ามนำเวอร์เนียร์นั้นไปใช้งานและให้ดำเนินการแก้ไขต่อไป





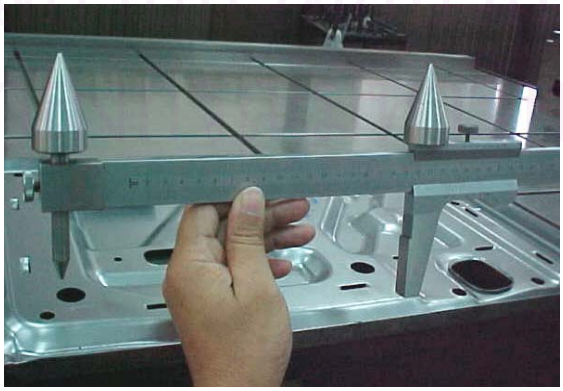
2. เลื่อนเวอร์เนียร์วัดระยะรูออกให้มีระยะห่างเท่ากับรูที่ต้องการทำการวัดแล้วใส่ Tapper วัดรูลงลงสุดและแนบกับปากรูที่ต้องการวัด

ภาพชิ้นงานที่ต้องการวัดระยะรู



ภาพแสดงการใส่ Tapper วัดรูของเวอร์เนียร์โดยให้ตำแหน่ง 1 และ 2แนบกับปากของรู

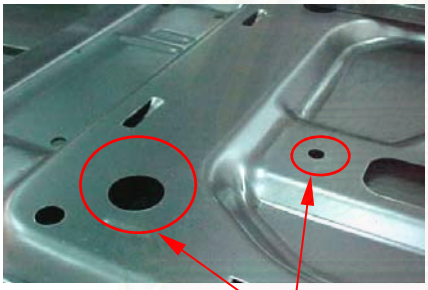
3. ทำการล็อกสกรูเพื่อไม่ให้เวอร์เนียร์เลื่อนแล้วทำการอ่านค่า

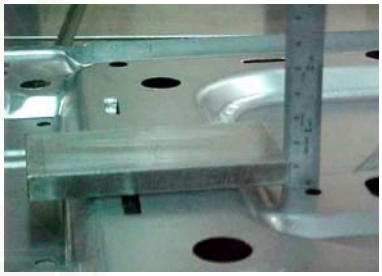


ภาพแสดงการวัดระยะห่างของรูจากขอบอ้างอิง

ขั้นตอนการวัดระยะของรูเมื่อระดับความลึกของรูไม่เท่ากัน

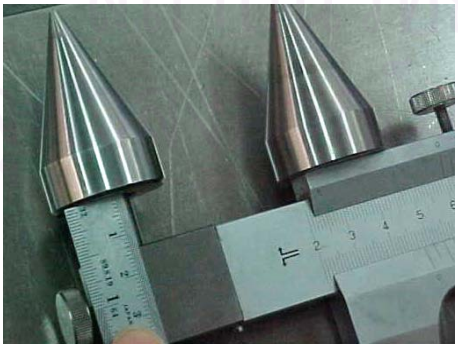
1. ทำการวัดระยะความลึกจากปากของรูทั้ง 2 โดยใช้ไม้บรรทัดหรือเครื่องมือวัดตามความซับซ้อนของชิ้นงาน





รูที่ต้องการวัดระยะห่าง

2. ทำการเลื่อน Tapper วัดรูของเวอร์เนียขึ้นเท่ากับความลึกที่วัดได้ในข้อ 1

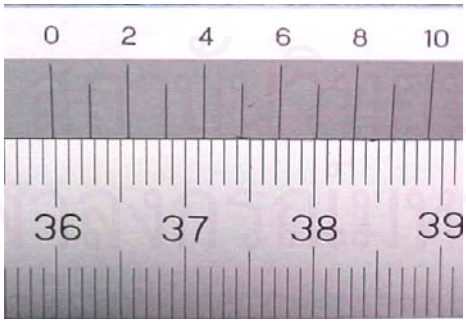


3. ทำการวัดระยะห่างของรูโดยนำ Tapper ด้านที่ปรับให้สูงขึ้นใส่ในรูที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังแสดงในรูป

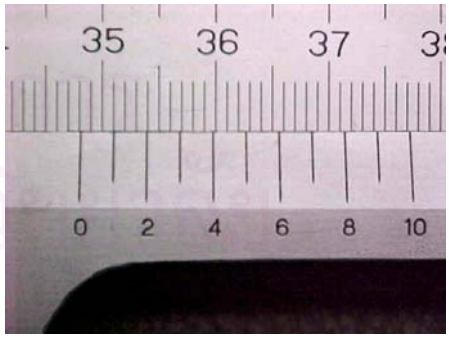
วิธีการอ่านค่าจากสเกลของเวอร์เนียร์วัดระยะรู

สำหรับวิธีการอ่านค่าของเวอร์เนียร์วัดระยะรูเหมือนกับวิธีการอ่านค่าบนเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ โดยเริ่มจาก

1. อ่านค่าบนสเกลหลักก่อน
2. อ่านค่าจากสเกลเวอร์เนียร์โดยอ่านค่าที่ขีดตรงกับขีดสเกลใด ๆบนสเกลหลัก
   - ในกรณีของเวอร์เนียร์วัดรูเมื่อทำการวัดระยะรูจะทำการอ่านสเกลเวอร์เนียร์ด้านบนของบรรทัด และถ้าต้องการอ่านค่าจากการวัดระยะรูถึงขอบอ้างอิงจะอ่านค่าจากสเกลเวอร์เนียร์ด้านล่าง
   - ค่าความละเอียดของเวอร์เนียร์วัดรูเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงอ่านค่าได้เท่ากับทศนิยม 1 ตำแหน่ง

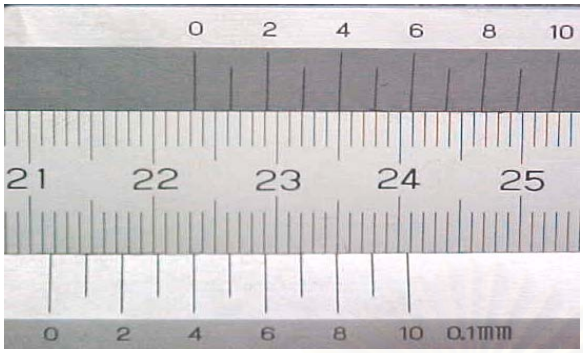


ภาพแสดงค่าสเกลด้านบนอ่านสเกลหลักได้เท่ากับ 359 มิลลิเมตร
สเกลเวอร์เนียร์ขีดที่ตรงคือ 9 มิลลิเมตร
ดังนั้นค่าที่อ่านได้เท่ากับ 359.9 มิลลิเมตร

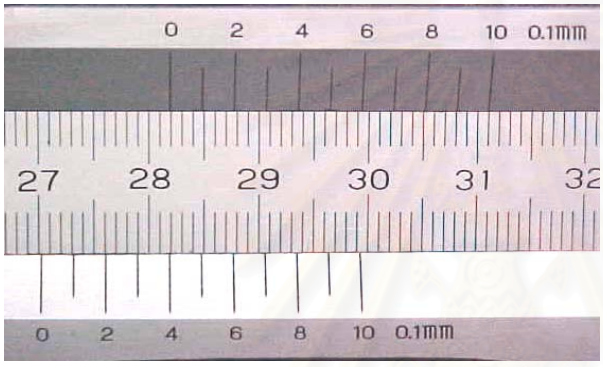


ภาพแสดงค่าสเกลด้านล่างอ่านสเกลหลักได้เท่ากับ 348 มิลลิเมตร
สเกลเวอร์เนียร์ขีดที่ตรงคือ 1 มิลลิเมตร
ดังนั้นค่าที่อ่านได้เท่ากับ 348.1มิลลิเมตร

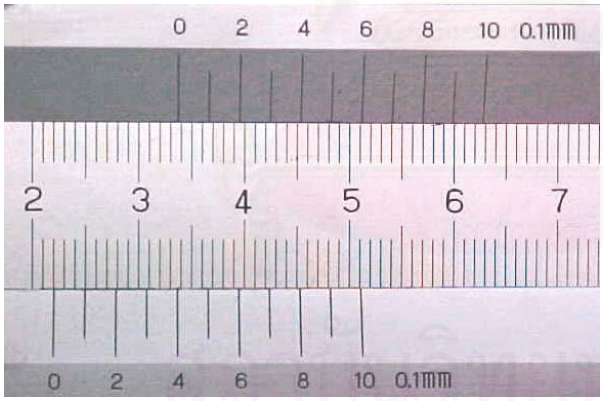
ตัวอย่างการอ่านค่าของเวอร์เนีย์วัดระยะรู



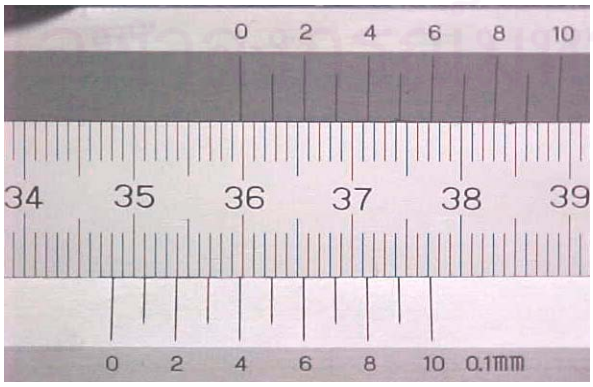
สเกลด้านบน เท่ากับ 223.4 มิลลิเมตร
สเกลด้านล่าง เท่ากับ 211.7 มิลลิเมตร



สเกลด้านบน เท่ากับ 282.0 มิลลิเมตร
สเกลด้านล่าง เท่ากับ 270.3 มิลลิเมตร



สเกลด้านบน เท่ากับ 33.7 มิลลิเมตร
สเกลด้านล่าง เท่ากับ 22.1 มิลลิเมตร



สเกลด้านบน เท่ากับ 359.8 มิลลิเมตร
สเกลด้านล่าง เท่ากับ 348.1 มิลลิเมตร

ข้อควรปฏิบัติในการใช้เวอร์เนียร์วัดระยะรู

1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. ระวังอย่าให้เวอร์เนียร์วัดระยะรูได้รับแรงกระแทก
    - อย่าให้เวอร์เนียร์วัดระยะรูหล่น
    - อย่าเลื่อนเวอร์เนียร์วัดระยะรูรุนแรง
4. ระวังอย่าให้ปากวัดได้รับความเสียหาย
    - อย่าใช้ปากวัด เพื่อเป็นวงเวียน หรือ ดีไวเดอร์
5. ทำความสะอาด เวอร์เนียร์วัดระยะรู ก่อนใช้งาน
    - ใช้ผ้าสะอาดหรือสำลีเช็ดด้ามและบริเวณหน้าสัมผัสที่ใช้วัด
6. ตรวจสอบความลื่นของตัวเลื่อนถ้าเกิดความเสียหายให้แก้ไขโดยการปรับ pressing screw และตั้ง screw
7. ขั้นตอนในการวัด
    - ทำการอ่านค่าวัดเมื่อหน้าสัมผัสของส่วนTapper กับชิ้นงาน
    - หลีกเลี่ยง parallax error โดยการอ่านสเกลโดยตรงจากด้านหน้า
8. หลังจากใช้งานแล้วใช้ผ้าเช็ดฝุ่นละอองและรอยนิ้วมือออกจากเวอร์เนียร์วัดระยะรูด้วยผ้าแห้งเมื่อต้องการเก็บเวอร์เนียร์วัดระยะรูเป็นเวลานาน ควรใช้น้ำมันกันสนิทเช็ดทุกๆ ส่วนและให้น้ำมันแผ่กระจายทุกพื้นผิว
9. สิ่งที่ควรคำนึงเมื่อต้องการเก็บเวอร์เนียร์วัดระยะรู
    - อย่าให้เวอร์เนียร์วัดระยะรูถูกแสงแดด
    - เก็บเวอร์เนียร์วัดระยะรูในที่ที่มีความชื้นต่ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก
    - เก็บเวอร์เนียร์วัดระยะรูในที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง
    - อย่าวางเวอร์เนียร์วัดระยะรูไว้บนพื้นโดยตรง
    - อย่าทำการเลื่อนตัวเลื่อนในขณะที่ล็อก
    - เก็บเวอร์เนียร์วัดระยะรูไว้ในกล่องมิดชิด

คู่มือการใช้ไมโครมิเตอร์ (Micrometer Manaul)

ไมโครมิเตอร์มีมากมายหลายชนิดจัดเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับในการวัดชิ้นงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง แต่หลักการและโครงสร้างเป็นอย่างเดียวกัน ดังนั้นจึงขอใช้ตัวอย่างไมโครมิเตอร์มาตรฐานวัดภายนอกมาอธิบายให้เข้าใจ

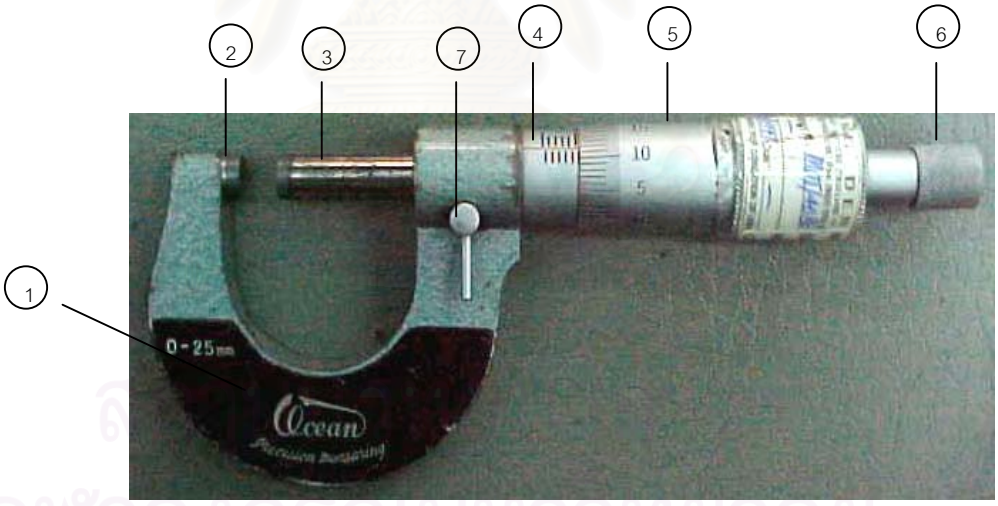
โครงสร้างและหลักการ

ในกรณีเกลียวหมุนช่วงเดียว หมุนเกลียวไป 1 รอบ แกนจะเคลื่อนที่ไปได้ 1 ช่วงเกลียว นี่คือ หลักการของไมโครมิเตอร์

ถ้าช่วงเกลียวเป็น 0.5 มม. เมื่อหมุนเกลียวไป 1 รอบ แกนจะเคลื่อนที่ไป 0.5 มม. ถ้าหมุน 1/50 รอบ จะเคลื่อนที่ไปได้ 0.5/0.5 = 0.01 มม.

ส่วนที่ติดอยู่กับตัวเลขเกลียวจะเป็นแผ่นสเกล ซึ่งเรียกว่า ซิมบอล(Cymbal) ซึ่งแบ่งสเกลโดยรอบเป็น 50 ส่วนเท่า ๆ กัน เมื่อหมุนซิมบอลไป 1 รอบ จะเท่ากับระยะทาง 0.5 มม. และสเกล 1 ช่องมีค่าเท่ากับ 0.01 มม. กล่าวคือ สเกลที่เล็กที่เล็กที่สุดของไมโครมิเตอร์ ซึ่งเท่ากับ 0.01 มม. นั่นเอง

โครงสร้างไมโครมิเตอร์

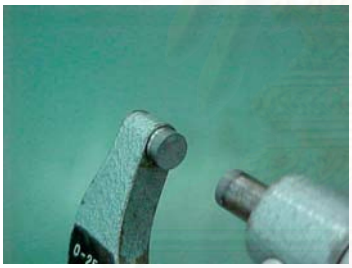


1. โครง (Frame)
2. แกนรับ (Anvil)
3. แกนวัด (Spindle)
4. สเกลหลัก (Barrel Scale)
5. สเกลเลื่อนปลอกหมุนวัด (Thimble Scale)
6. ปลอกหมุนกระทบเลื่อน (Ratchet Stop)
7. อุปกรณ์ล็อก (Clamp)

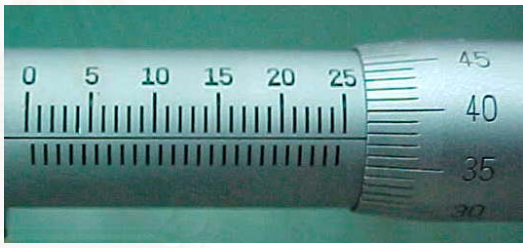
การวัดจะนำเอาวัสดุมาไว้ระหว่างทั่งและแกน แล้วหมุนซิมบอลให้แกนเคลื่อนที่ ระยะระหว่างทั่งและแกนคือ ค่าที่วัดได้ แรทเชทสตอปจะเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมให้แรงในการวัดมีค่าคงที่ ส่วนลอคแคลมป์จะเป็นตัวยึดให้แกน หรือซิมบอลอยู่กับถ้าจำเป็น

การตรวจสภาพไมโครมิเตอร์ก่อนเริ่มใช้งาน

1. ตรวจสอบสภาพทั่วไปก่อนใช้งาน ได้แก่ ไมโครมิเตอร์วัดภายนอก ภายใน วัดความลึก ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบด้วยสายตาดังนี้
   - ตรวจดูปากวัด (Anvil Spindle) ว่ามีความเรียบเสมอกันประกบกันสนิทไม่มีแสงผ่านได้ (กรณีที่เป็นไมโครมิเตอร์วัดภายนอกและวัดภายในเท่านั้น) หรือไม่ มีรอย บิ่น แตก หัก ร้าวหรือไม่ ซึ่งถ้าเกิดกรณีดังกล่าวห้ามนำเครื่องมือไปใช้งาน
   - ตรวจดูสเกลต่าง ๆ ในช่วงที่จะใช้งานว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่(ดูจากคู่มือการใช้งาน) และสเกลจะต้องมีความชัดเจน ไม่ลบเลือน ไม่เป็นอุปสรรคต่อการอ่านค่า
   - ตรวจสอบองค์ประกอบของเครื่องมือให้มีสภาพพร้อมใช้งาน คือต้องมีอุปกรณ์ประกอบ เช่น Screw Clamp ครบ ถ้าหากว่ามีไม่ครบต้องทำการดำเนินการซ่อมแซม



ปากของไมโครมิเตอร์ต้องไม่มีรอยบิ่นหรือชำรุด



ขีดสเกลและตัวเลขมีความชัดเจนไม่ลบเลือน

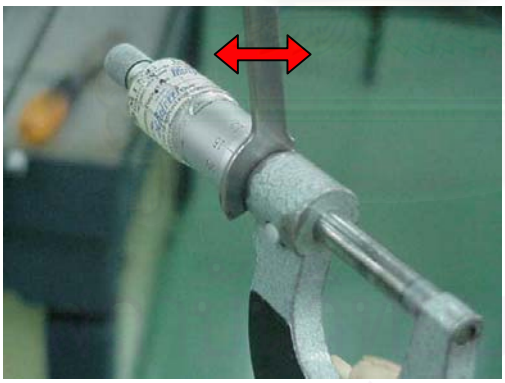
2. เมื่อเครื่องมือได้รับการตรวจสภาพแล้วทำการตั้งค่า 0 โดยการหมุน Spindle ให้ปากวัดชิดกัน แล้วอ่านค่าจากสเกลว่ามีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ ถ้าไม่ให้ทำการตั้งค่าใหม่โดยใช้อุปกรณ์ดังรูป

อ่านค่าบน thimble ตามรูป
(เลข 10 และ 40 จะปรากฏทั้ง 2 ด้าน)

หมุนด้ามจับให้หน้าสัมผัสติดกัน โดยใช้ ratchet stop

ตรวจสอบว่าขีดสเกลชี้เท่ากับ 0 ถ้าเส้นศูนย์บน thimble ให้ตรงกับเส้น index line บน sleeve ให้ 2 เส้นซ้อนทับกันสนิท

กรณีเมื่อหมุนหน้าสัมผัสติดกันแล้ว สเกลไม่เท่ากับศูนย์ให้ทำการปรับค่าโดยหมุน Spindle ดังรูป



เลื่อนอุปกรณ์ปรับสเกลมาในทิศทางที่ขีดสเกลชี้เท่ากับ 0

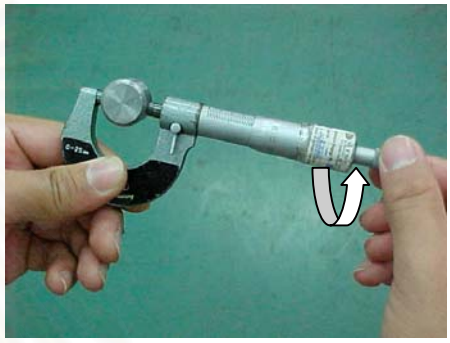
ภาพแสดงอุปกรณ์ตั้งสเกล

3. เมื่อทำการวัดตำแหน่งบนชิ้นงานที่จะทำการวัดต้องไม่มีรอยครีบ หรือสิ่งแปลกปลอมที่เกิดจากกระบวนการผลิต เวลาทำการวัดให้ใช้ปากไมโครมิเตอร์ทำการครีบหนีบกับชิ้นงานแล้ว

   3.1 หมุน Spindle จนปากไมโครมิเตอร์สัมผัสกับชิ้นงาน (หมุนด้วยแรงพอประมาณจนปากของไมโครมิเตอร์สัมผัสจึงหยุด)

   3.2 ใช้ Ratchet Stop หมุนจนเกิดเสียง 3 ครั้ง แล้วทำการล็อกตำแหน่งของไมโครมิเตอร์

ขั้นตอนที่ 1



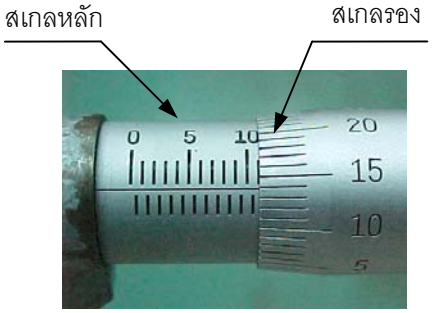
ขั้นตอนที่ 2

4. การอ่านค่าของไมโครมิเตอร์

เนื่องจากไมโครมิเตอร์ที่ใช้อยู่เป็นระบบมาตรฐานสากล (มิลลิเมตร) จึงขอกล่าวถึงการอ่านค่าระบบมาตรฐานสากลเท่านั้น

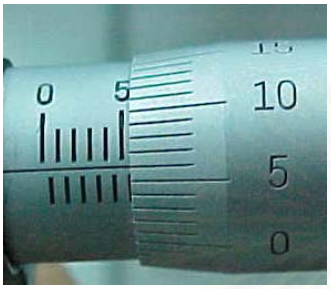
สเกลบนไมโครมิเตอร์วัดภายนอกจะแบ่งเป็น 2 สเกลดังนี้

1. **สเกลหลัก** ขีดสเกลจะอยู่บนก้านวัดสเกลแบ่งตามความยาว โดยมีขีดอยู่ 2 ค่า คือ ขีดสเกลด้านล่างจะมีตัวเลขกำกับ ทุก ๆ 5 มิลลิเมตร ส่วนขีดสเกลด้านบนจะแบ่งครึ่งขีดสเกลด้านล่างให้ละเอียดขึ้น
2. **สเกลรอง** ขีดสเกลจะแบ่งออกเป็น 50 ช่องสเกลรอบปลอกหมุนวัด และทุกๆ 5 ช่อง จะมีสเกลกำกับไว้โดยตรงโดยเลขจะเริ่มที่ 5, 10, 15 ถึง 45 ถ้าหากว่าหมุนเกลียวเคลื่อนที่ ไป 0.5 มิลลิเมตร ดังนั้น แต่ละขีดของเกลียวจะมีค่าความละเอียด 0.5/50 = 0.01 มิลลิเมตร

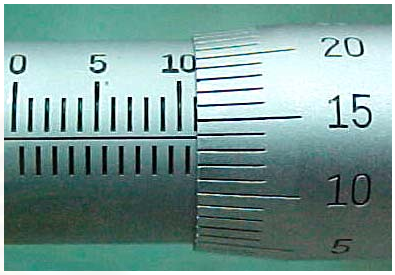


3. การอ่านค่าเริ่มจากสเกลหลักก่อนโดย 1 ช่องในสเกลหลักมีค่าเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ต่อจากนั้นอ่านค่าจากสเกลรองโดยอ่านจากขีดบนที่ตรงกับขีดบนของสเกลหลัก

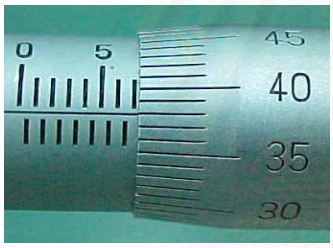
ตัวอย่างการอ่านค่าของไมโครมิเตอร์



เท่ากับ 5.56 มิลลิเมตร



เท่ากับ 11.14 มิลลิเมตร

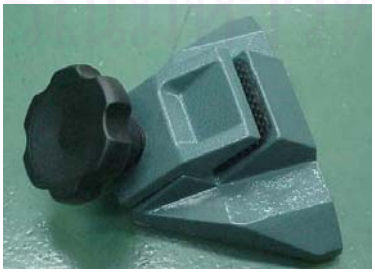


เท่ากับ 7.38 มิลลิเมตร

การใช้อุปกรณ์ยึดจับไมโครมิเตอร์

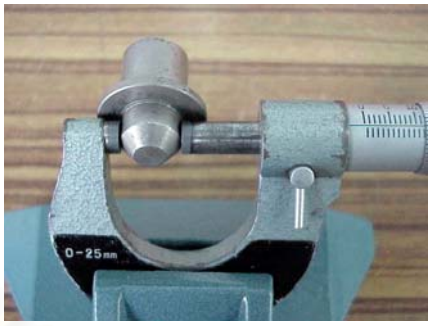
ประโยชน์

1. ทำให้จับชิ้นงานได้ง่ายขึ้น
2. เหมาะกับการวัดชิ้นงานที่มีขนาดเล็กและรูปร่างซับซ้อน

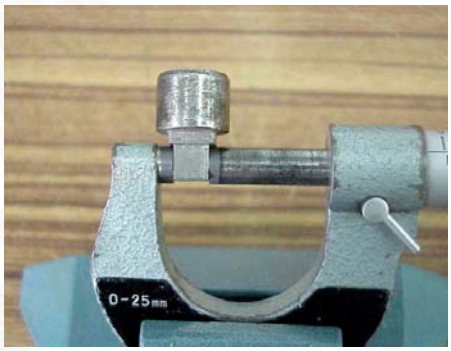


ภาพแสดงอุปกรณ์จับยึดไมโครมิเตอร์

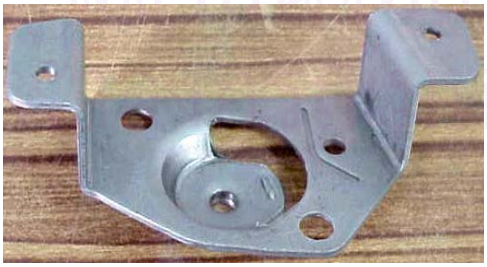
การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานรูปทรงประกอบ

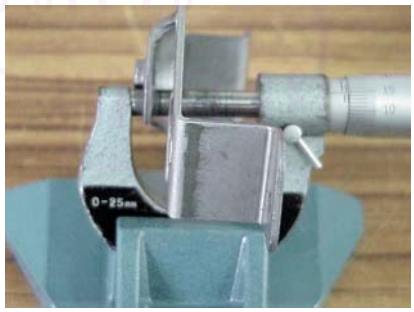


การวัดความขนาดของ PIN



ภาพแสดงตัวอย่างการวัดชิ้นงานที่มีขนาดเล็กโดยใช้ไมโครมิเตอร์ร่วมกับอุปกรณ์จับยึด





แสดงตัวอย่างการวัดชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนโดยใช้ไมโครมิเตอร์ร่วมกับอุปกรณ์จับยึด

4. ควรทำการวัดค่าซ้ำ 2-3 ครั้ง แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะเป็นการลดความผันแปรจากการวัดได้ โดยไม่ควรที่จะวัดค่าเพียงครั้งเดียวจะทำให้ค่าที่ได้ขาดความถูกต้อง

$$\text{ค่าวัดที่ถูกต้อง} = \frac{\text{ค่าวัดครั้งที่ 1} + \text{ค่าวัดครั้งที่ 2} + \text{ค่าวัดครั้งที่ 3}}{3}$$

ข้อควรปฏิบัติในการใช้ไมโครมิเตอร์

1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. เลือกใช้ ไมโครมิเตอร์ให้เหมาะกับการใช้งานเช่น ขนาดของชิ้นงานที่จะทำการวัด
   - ต้องแน่ใจว่า ชนิด ย่านวัด การแบ่งสเกล และสเป็คอื่น ๆ ของไมโครมิเตอร์ ต้องมีความเหมาะสมกับการใช้งาน
4. ระวังอย่าให้ ไมโครมิเตอร์ ได้รับแรงกระแทก
   - ไม่ควรให้ ไมโครมิเตอร์หล่น
   - ไม่ควรหมุนไมโครมิเตอร์รุนแรง
5. ทำความสะอาด ไมโครมิเตอร์ ก่อนใช้งาน
   - ใช้ผ้าสะอาดหรือสำลีเช็ดด้ามหมุนและบริเวณหน้าสัมผัสที่ใช้วัด
6. ควบคุมอุณหภูมิขณะทำการใช้งาน
   - ชิ้นงานที่จะวัดค่า ควรมีอุณหภูมิที่เหมือนกันไมโครมิเตอร์ที่จะวัด วิธีที่ดีควรจะวางชิ้นงานและเครื่องมือทิ้งไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 23° C เป็นเวลา 4 ชั่วโมงก่อนทำการวัด(ถ้าเป็นไปได้)
   - แท่งเหล็ก 100 มิลลิเมตร(4 ฟุต) จะมีขนาดเปลี่ยนแปลง 0.012 มิลลิเมตร (0.00047 ฟุต) เมื่อ 10 C°
5. ใช้ ratchet stop หรือ thimble ทุกครั้งเมื่อทำการวัด
6. เมื่อยึดไมโครมิเตอร์กับอุปกรณ์ยึดจับ ให้ปลายปากกายึดตำแหน่งกึ่งกลางของเฟรมของไมโครมิเตอร์และไม่ควรขันยึดจนแน่นเกินไป
7. หลังใช้งานเสร็จให้ทำความสะอาดไมโครมิเตอร์ด้วยผ้านุ่มที่แห้ง

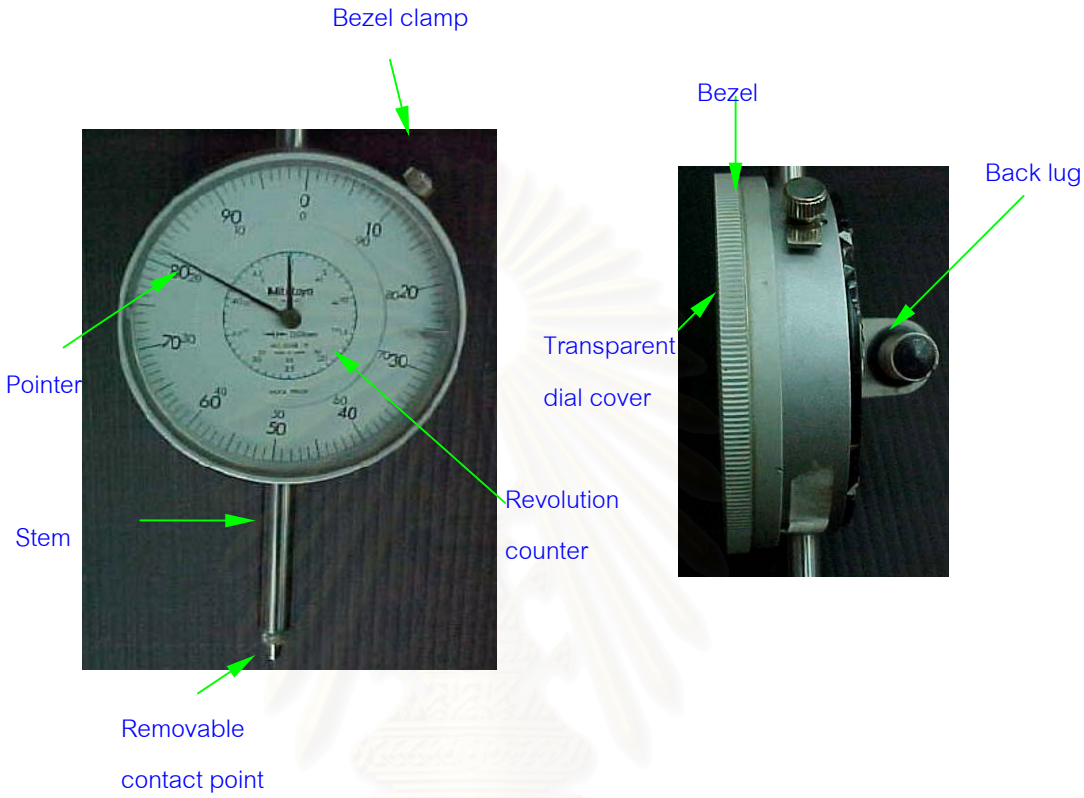
8. เมื่อต้องการเก็บไมโครมิเตอร์เป็นระยะเวลานานหรือต้องการใช้น้ำมันให้ใช้ผ้าชุบน้ำมันกันสนิมเช็ดทุก ๆ ส่วน (ยกเว้นส่วนที่เป็น Carbide) ให้น้ำมันแผ่กระจายทั่วทุกพื้นผิว
9. ข้อควรคำนึงในการเก็บไมโครมิเตอร์
   - อย่าให้ไมโครมิเตอร์ถูกแสงแดด
   - เก็บไมโครมิเตอร์ในที่มีความชื้นต่ำและมีอากาศถ่ายเทได้ดี
   - เก็บไมโครมิเตอร์ในที่ไม่มีฝุ่นละออง
   - ยอมให้ผิวที่ต้องการวัดขนานกันระหว่า 0.1 ถึง 1 มิลลิเมตร(0.004 นิ้ว ถึง 0.04 นิ้ว)
   - อย่ายึดจับที่ด้ามหมุนของไมโครมิเตอร์
   - เก็บไมโครมิเตอร์ในกล่องมิดชิด

ภาพแสดงลักษณะการเก็บไมโครมิเตอร์หลังใช้งาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้ไดอัลเกจ (Dial Gage Manaul)

โครงสร้างของไดอัลเกจ



คุณลักษณะทั่วไป

BS จะเกี่ยวข้องกับไดอัลเกจที่หัวกดเคลื่อนที่ขนานกับระนาบของหน้าปัด เส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าปัดจะอยู่ระหว่าง 1 7/8 นิ้ว ถึง 2 ½ โดยจะวัดจากด้านนอกของขีดสเกลและแต่ละช่วงของสเกลเท่ากับ 0.001 นิ้ว (บางครั้งแบ่งย่อยครึ่งช่องเท่ากับ 0.0005 นิ้ว ซึ่งในที่นี้เป็นการออกแบบโดยทั่วไป 0.005 นิ้ว สำหรับ ไดอัลเกจขนาด 0.001 นิ้ว หรือ 0.01 มิลลิเมตร)

ส่วนประกอบ

สำหรับจุดประสงค์ของ BS ให้กำหนดชื่อตามการใช้งานดังนี้

1. **ขีดสเกล (Scale Mark)** ขีดที่มีไว้แบ่งสเกล
2. **ค่าสเกลน้อยที่สุด (Minimum Scale Value)** ค่าน้อยที่สุดที่ใช้วัดปริมาณซึ่งได้จากการแสดงค่าของสเกลที่ไดอัลเกจดังกล่าวจะวัดได้
3. **ช่องสเกล (Scale Division)** พื้นที่ระหว่างขีดสเกล 2 ขีด
4. **การจำแนกความแตกต่าง (Discrimination)** ความไวของเครื่องมือวัดต่อการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดของค่าวัดซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่อยู่ใกล้

5. **ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability)** การอ่านค่าซ้ำของเครื่องมือวัดในช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่อกำหนดให้สภาพแวดล้อมภายในการทดลองคงที่
6. **ขีดจำกัดของความคลาดเคลื่อน (Limits of Error)** ความคลาดเคลื่อนทางบวกหรือลบ ซึ่งจะต้องมีค่าไม่มากเกินในระหว่างการทดลอง

การออกแบบ

1. การออกแบบโดยทั่วไปผู้เชี่ยวชาญจะต้องแน่ใจในสมรรถนะของเกจว่าตรงกับมาตรฐานภายใต้วิธีการปฏิบัติ กลไกจะทำงานร่วมกันเพื่อไม่ให้มีการดีดตัวกลับ
   - การออกแบบตัวเรือนของไดอัลเกจให้มีความแข็งแรงจะทำให้การเคลื่อนที่ของกลไกเป็นอิสระและไม่ทำให้เกิดความเสียหายโดย สกรูที่ยึดติดอยู่ด้านหลังหรือก้านล็อกของเครื่องมือวัด
   - หน้าปัดจะทำจากวัสดุที่คงทนซึ่งจะคงลักษณะที่โปร่งใสปราศจากการเคลือบสี และหน้าปัดและตัวเรือนจะต้องไม่มีฝุ่นละออง
   - ไดอัลเกจทุกตัวจะต้องมีการปรับค่า 0 บนหน้าปัดได้โดยใช้ Bezel แล้วใช้สกรูล็อคหรือไม่ก็ได้ แต่ต้องมีความคงทนต่อการใช้งาน
   - Back lug fixing ใช้ในการยึดและทำให้ไดอัลเกจเคลื่อนที่เพื่อทำการวัดค่าได้หลายแนว
   - การออกแบบไดอัลเกจและหัวกดควรใช้สแตนเลสที่มีความแข็ง
2. หน้าปัดที่มีสเกลในหน่วยนิ้วจะมีค่าสเกลน้อยที่สุด 0.0001 นิ้ว 0.0005 นิ้ว หรือ 0.001 นิ้ว และหน้าปัดที่มีสเกลในหน่วยเมตริกจะมีขีดสเกลน้อยที่สุด 0.01 มิลลิเมตร โดยที่ค่าที่น้อยที่สุดจะถูกเขียนอยู่บนหน้าปัดของไดอัลเกจ ขีดสเกลจะถูกขีดอย่างชัดเจนอยู่รอบ ๆ หน้าปัดเพื่อง่ายต่อการอ่าน ความหนาของขีดสเกลจะมีขนาดสม่ำเสมอและมีขนาดอย่างน้อย 0.006 นิ้ว หรือ มากกว่า 0.010 นิ้ว ทุก ๆ 10 ขีดจะมีการขีดเส้นที่ยาวกว่าเส้นปกติและมีตัวเลขกำกับ แนะนำให้ความยาวของขีดสเกลที่แบ่งส่วนนั้นทุกเส้นมีความประมาณเท่ากับความกว้างของส่วนที่แบ่งดังแสดงในรูป

- Pointer เข็มบนหน้าปัดจะหมุนตามเข็มนาฬิกาเมื่อหัวกดถูกกดเข้า เข็มซึ่งเชื่อมต่อกับ spindle ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ซึ่งกันและกัน เมื่อปล่อยหัวกดเข็มเคลื่อนที่กลับและหยุดทันทีด้วยตัวหยุด เข็มจะต้องยาวกว่าจุดกึ่งกลางของขีดสเกลที่สั้นที่สุด ความหนาของเข็มมากกว่า 1/50 ความกว้างของการแบ่งสเกล 1 ช่อง และประมาณกว่ามากของขีดสเกล การลดความคลาดเคลื่อนจากปรากฏการ parallax และให้เข็มชี้ใกล้กับขีดสเกลมากที่สุด

3. การวัดจำนวนรอบของเข็มจะวัดเมื่อเข็มยาวชี้ที่ 12 นาฬิกา ทุก ๆ การหมุน 1 รอบ โดยจะมีทุกทิศทางของเข็มในทิศทางเดียวกัน
4. หัวกดจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระบน bush และ shake จะมีผลต่อการแสดงค่าของเครื่องมือวัดมากกว่าความหนาของขีดสเกล สำหรับแรงที่ใช้กับไดอัลเกจจะต้องน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้และควรอยู่ในแนวดิ่งกับหัวกด แนะนำให้แรงที่ใช้ในการทำงานสำหรับ ไดอัลเกจขนาด 0.0001 นิ้ว ควรเท่ากับ 2 OZ ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ และไม่ควรเกิน ½ OZ ต่อทุกการเคลื่อนที่ 0.1 นิ้วถ้าต้องการใช้แรงน้อยหรือมากกว่าสำหรับไดอัลเกจ 0.001 นิ้ว 0.0005 นิ้ว หรือ 0.01 มิลลิเมตร จะถูกกำหนดโดยจากผู้ซื้อ
   - บนไดอัลเกจขนาด 0.0001 นิ้ว เคลื่อนที่ถึง 0.25 นิ้ว ไม่ควรใช้แรงเกิน 6 OZ
   - บนไดอัลเกจขนาด 0.001 นิ้ว เคลื่อนที่มากกว่า 0.25 นิ้ว แต่ไม่เกิน 0.5 นิ้ว แรงที่ใช้ไม่ควรเกิน 8 OZ
   - บนไดอัลเกจ 0.001 นิ้ว เคลื่อนได้มากกว่า 0.5 นิ้วแรงที่ใช้จะอาศัยข้อตกลงระหว่างผู้ผลิตกับผู้ซื้อ

5. จุดสัมผัส (Contact Point) จะมีรัศมีขนาดใหญ่ และสามารถเปลี่ยนจุดสัมผัสได้ตามรูปแบบต่าง ๆ

   Note 1 ไดอัลเกจโดยทั่วไปปกติจะใช้ทรงกลมแข็งเป็นจุดสัมผัสถ้าต้องการลักษณะอื่นสามารถกำหนดได้ตามผู้ซื้อ

   Note 2 แนะนำสำหรับออกแบบไดอัลเกจใหม่เส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียวเพื่อยึดจุดสัมผัส

6. ด้านสมรรถนะ(Permance)

   a ทั่วไป ความถูกต้องของการวัดทั้งหมดจะกำหนดและอ้างอิงอุณหภูมิใช้งาน 20 ° C

   b. การอ่านซ้ำ เกจ จะสามารถอ่านค่าซ้ำภายใต้ วิธีการวัดแบบเดิมภายให้ 0.0002 นิ้ว บนไดอัลเกจขนาด 0.001 นิ้ว และ 0.005 นิ้ว 0.002 มิลลิเมตร

   c. การจำแนกความแตกต่าง ไดอัลเกจขนาด 0.001 นิ้ว และ 0.0005 นิ้ว จะสามารถ

แสดงค่าที่เล็กที่สุด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงได้ 0.001 นิ้ว ทิศทางอื่นของหัวกดภายใน 0.003 นิ้ว ไดอัลเกจ 0.0001 นิ้ว สามารถแสดงค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็ก 0.0002 นิ้ว เมื่อหัวกดเปลี่ยนทิศทางภายใน 0.00004 นิ้ว สำหรับไดอัลเกจหน่วยเมตริกความสามารถแสดงค่าของที่เปลี่ยนแปลงเล็กที่สุด 0.025 มิลลิเมตร เมื่อหัวกดมีการเปลี่ยนทิศทางภายใน 0.003 มิลลิเมตร

d. ขีดจำกัดของความคลาดเคลื่อน ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ใน ไดอัลเกจ แตกต่างกันตามชนิด และขนาดที่วัดแตกต่างกันซึ่งแสดงในตารางที่ 1 ถึง 3 ให้ค่าความคลาดเคลื่อน

ตารางที่1 ขีดจำกัดของความคลาดเคลื่อนสำหรับไดอัลเกจ
ความละเอียด 0.001 นิ้ว และ 0.0005 นิ้ว

ช่วงการอ่าน	**ความคลาดเคลื่อนในการอ่านเกินจากช่วง(นิ้ว)**
แต่ละ 0.01นิ้ว	0.00025
แต่ละ ½ รอบ	0.0005
แต่ละรอบ	0.0005
แต่ละ 2 รอบ	0.00075
มากกว่าช่วงดังกล่าว	0.001

ตารางที่2 ขีดจำกัดของความคลาดเคลื่อนสำหรับไดอัลเกจ
ความละเอียด 0.0001 นิ้ว

ช่วงการอ่าน	**ความคลาดเคลื่อนในการอ่านเกินจากช่วง(นิ้ว)**
แต่ละ 0.01นิ้ว	0.00025
แต่ละ ½ รอบ	0.0005
แต่ละรอบ	0.0005
แต่ละ 2 รอบ	0.00075
มากกว่าช่วงดังกล่าว	0.001

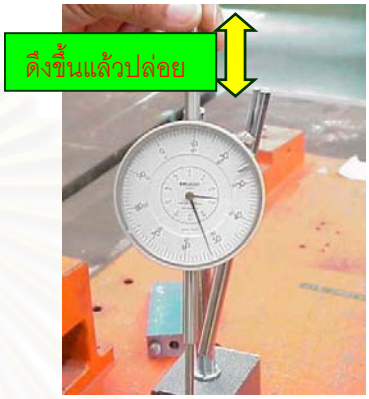
ตารางที่3 ขีดจำกัดของความคลาดเคลื่อนสำหรับไดอัลเกจ
ความละเอียด 0.01 นิ้ว

ช่วงการอ่าน	**ความคลาดเคลื่อนในการอ่านเกินจากช่วง(นิ้ว)**
แต่ละ 0.1นิ้ว	0.005
แต่ละ ½ รอบ	0.0075
แต่ละ 1 รอบ	0.01
แต่ละ 2 รอบ	0.015
มากกว่าช่วงดังกล่าว	0.02

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

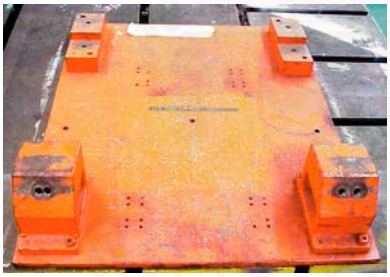
ขั้นตอนการใช้ไดอัลเกจในการวัดระยะการคลอนของ SLIDE RECLINER

1. ทำการตรวจสอบสภาพความพร้อมของไดอัลเกจก่อนเริ่มใช้งาน โดยไดอัลเกจจะต้องไม่ชำรุดเสียหาย หน้าปัดแตก หรือมีส่วนใดบิ่น
2. ทำการตั้งค่าศูนย์โดยหมุนหน้าปัดของไดอัลเกล แล้วทำการทดสอบโดยการดึง Lifting lever แล้วปลอย ทำการอ่านค่าเข็มของไดอัลเกจต้องชี้ที่ 0 ซ้ำทุกครั้ง (ควรทำซ้ำ 3-4 ครั้ง)



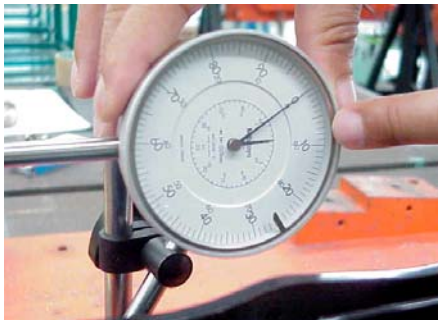
3. ทำการประกอบชิ้นงาน Slide Recliner ลงบน Jig Check

CHECKING FIXTURE



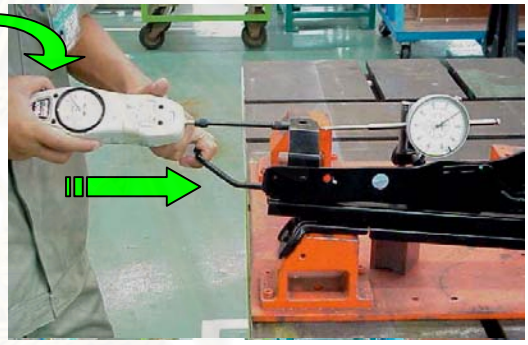
ประกอบชิ้นงานกับ CHECKING FIXTURE

4. ทำการติดตั้งไดอัลเกจเข้ากับจุดที่ต้องการตรวจสอบระยะการคลอนตามที่ระบุในมาตรฐานการตรวจสอบ และตรวจสอบค่าเริ่มต้นที่อ่านได้บนหน้าปัดต้องเท่ากับ 0



5. ตรวจสภาพของเครื่องวัดแรงดึงก่อนใช้งาน แล้วประกอบด้ามในตำแหน่ง Push เมื่อต้องการใช้แรงดันชิ้นงาน และทำการตั้งค่าบนหน้าปัดของเครื่องวัดแรงดึงให้เท่ากับ 0

6. ทำการดันเครื่องวัดแรงดึงด้วยแรงในตำแหน่งที่ระบุในมาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงาน



7. ทำการอ่านค่าระยะคลอนของชิ้นงานจากไดอัลเกจ โดยรักษาระดับแรงที่ใช้ในการดันให้คงที่

การอ่านค่าของไดอัลเกจ

- เริ่มจากการอ่านจำนวนรอบของเข็มสั้น(1รอบ เท่ากับ 1 มิลลิเมตร)
- อ่านค่าจำนวนช่องจากเข็มยาวชี้(เมื่อเข็มไม่ชี้ที่ขีดสเกลพอดีให้ทำการปัดเศษโดยใช้หลักถ้าเข็มชี้เลยกึ่งกลางช่องให้ปัดเศษทศนิยมขึ้น ถ้าเข็มชี้ไม่ถึงกึ่งกลางช่องให้ทำการปัดเศษทศนิยมลงแล้วคูณค่าความละเอียดของไดอัลเกจ)

เข็มสั้นอ่านค่าได้เท่ากับ 10 รอบ
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 70 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 10.70 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าได้เท่ากับ 10 รอบ
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 95 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 10.95 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าได้น้อยกว่า 1 รอบ
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 54 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 0.54 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าได้เท่ากับ 3 รอบ
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 8 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 3.08 มิลลิเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อควรปฏิบัติในการใช้ไดอัลเกจ

การดูแลโดยทั่วไป

ไดอัลเกจถูกทำขึ้นโดยแข็งแรงสำหรับงาน workshop โดยกลไกมีลักษณะเหมือนนาฬิกา และการตกหล่นหรือการถูกกระแทกจากวัสดุต่าง ๆ จะทำให้เกิดความเสียหายต่อการหมุนของเข็ม หรือการจัดตำแหน่งของแบริ่ง ถ้าพบว่าการเคลื่อนที่ในแต่ละครั้งไม่ราบเลื่อนควรต้องทำการตรวจสอบส่วนประกอบของเกจโดยผู้ทำเครื่องมือวัดหรือส่งกลับไปยังผู้ผลิตปรับแต่ง

น้ำมัน

ไม่ควรใช้น้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบี เพราะไดอัลเกจเหมาะใช้งานกับงานแห้ง หัวกดจะกลับมาอยู่ในตำแหน่งที่ ศูนย์ ด้วย สปริง การใช้น้ำมันในการทำความสะอาดจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการติดขัดของหัวกด

การทำความสะอาดไดอัลเกจ

1. ทำความสะอาดไดอัลเกจโดยเช็ดทำความสะอาดบริเวณ จุดสัมผัส(Contact point) และ หัวกด (Plunger) ให้สะอาดด้วยกระดาษเช็ดเลนส์ หรือหนังชาร์มัว วางไว้ในสภาวะควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ
2. ทำความสะอาดผิว Anvil และ Calibration Test เพื่อไม่ให้มีน้ำมัน หรือสิ่งสกปรกต่าง ๆ ติดอยู่ โดยใช้หนังชาร์มัว หรือกระดาษเช็ดเลนส์ชุบแอลกฮอล์เช็ดทำความสะอาด วางไว้ในสภาวะควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ
3. ตรวจสอบการเคลื่อนที่ของ Spindle ว่ามีอะไรติดขัดหรือไม่ และเข็มชี้ค่าหมุนสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของ Spindle

การใช้งานโดยทั่วไป

ไดอัลเกจความใช้เป็นตัวเปรียบเทียบไม่ควรใช้เป็นเครื่องมือวัดโดยตรง ตัวอย่างเช่น งานที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 นิ้ว อาจจะทดสอบโดยตั้งค่า ไดอัลเกจไว้ที่ 0 แล้วหมุนชิ้นงานไปโดยรอบแล้วอ่านค่า วิธีการที่ให้การวัดที่ถูกต้องภายใต้ค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่มีค่ามากกว่าช่วงของการอ่าน

การล็อก

ไดอัลเกจโดยปกติถูกใช้โดยมีวิธีการยึดอาจมีชื่อเรียกดังนี้ วิธี back lug และ steel stem วิธีแรกจำเป็นต้องclamp อย่างแน่นเพราะเมื่อมีการเลื่อนตำแหน่งไป จะทำให้การอ่านค่าผิดพลาด

สำหรับวิธีที่ 2 ถูกดัดแปลงไปโดยไม่จำเป็นต้องใช้แรงในการล็อกมาก เนื่องจากหัวกดถูกยึดติดใน stem ภายใน stem จะต้องลื่นและเหมาะสมกับ stem

Stem จะต้องเป็นทรงกระบอกที่มีความละเอียดสูง ถ้า stem มีความฝืดแล้วจะทำให้ stem เกิดการโก่งงอและเป็นสาเหตุให้หัวกดติดหรือล็อกได้

Stand มีความสำคัญต่อไดอัลต้องมีความแข็งแรงเนื่องจากส่งผลต่อการอ่านค่าที่ถูกต้อง

จุดสัมผัส

จุดสัมผัสมีใช้กันหลายแบบตามผู้ผลิต จุดสัมผัสแบบลูกบอลเป็นที่นิยมใช้ ถ้าลูกบอลสึกหรอ จะมีผลต่อความถูกต้องในการอ่านจุดสัมผัสตั้งฉากกับหัวกัด และขนานกับผิวที่ต้องการวัดและนำไปสู่การอ่านค่าที่ถูกต้อง

การเลือกชนิดของไดอัลเกจ

การเลือกใช้ไดอัลเกจจะเลือกตามขนาดซึ่งเกี่ยวข้องกับความถูกต้องที่ต้องการทดสอบด้วย เช่น ถ้าค่าพิกัดความคลาดเคลื่อนอนุโลมของชิ้นงานเท่ากับ $\pm$0.001แล้วไม่ควรใช้ไดอัลเกจขนาด 0.001 นิ้วไดอัลเกจควรมีความละเอียดมากกว่าค่าพิกัดความคลาดเคลื่อนอนุโลมของชิ้นงาน ดังนั้นควรเลือกไดอัลเกจที่มีขนาด 0.0001 นิ้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้ไดอัลเกจความหนา (Dial Thickness Gage Manual)

ภาพแสดงโครงสร้างของไดอัลเกจวัดความหนา

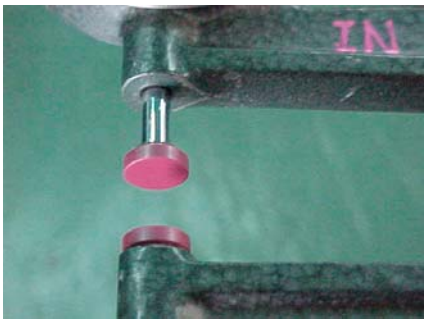
ขั้นตอนการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งค่าบนหน้าปัด

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบว่าเข็มชี้ที่ 0 ทุกครั้งที่ปล่อยด้ามกด

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบสภาพของหน้าสัมผัสที่ใช้วัดของเครื่องมือต้องไม่มีรอยบิ่นหรือชำรุดเสียหาย

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวัดชิ้นงานโดยการครีบวัดความหนาตำแหน่งที่ต้องการวัด



ขั้นตอนที่ 5 ทำการอ่านค่าบนหน้าปัด
โดยยังคงครีบชิ้นงานอยู่

การอ่านค่าของไดอัลเกจ

- เริ่มจากการอ่านจำนวนรอบของเข็มสั้น(1รอบ เท่ากับ 1 มิลลิเมตร)
- อ่านค่าจำนวนช่องจากเข็มยาวชี้(เมื่อเข็มไม่ชี้ที่ขีดสเกลพอดีให้ทำการปัดเศษโดยใช้หลักถ้าเข็มชี้เลยกึ่งกลางช่องให้ปัดขึ้น ถ้าเข็มชี้ไม่ถึงกึ่งกลางช่องให้ทำการปัดเศษลงแล้วคูณค่าความละเอียดของไดอัลเกจ)

เข็มสั้นอ่านค่าได้เท่ากับ 2 รอบ
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 16 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 2.16 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าได้เท่ากับ 4 รอบ
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 41 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 4.41 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าได้เท่ากับ 4 รอบ
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 11 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 4.11 มิลลิเมตร

ข้อควรปฏิบัติในการใช้ไดอัลเกจวัดความหนา

1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. อย่าให้ไดดัลเกจวัดความหนาได้รับการกระแทก
   - ระวังไม่ให้ไดอัลเกจวัดความหนาหล่น
4. ใช้จุดสัมผัสให้เหมาะสมกับการใช้งานมาที่สุด
5. ซ่อมแซมจุดสัมผัสที่สึกหรอ
6. เช็ดฝุ่นละอองออกจากไดอัลเกจวัดความหนาก่อนใช้งาน
7. หลังจากใช้งาน เช็ดทำความสะอาดฝุ่นและรอยนิ้วมือจากไดอัลเกจด้วยผ้าแห้ง
8. เมื่อต้องการเก็บไดอัลเกจวัดความหนาเป็นเวลานานควรใช้น้ำมันกันสนิทเช็ดทุก ๆ ต้องแน่ใจว่าน้ำมันแผ่กระจายทุกพื้นผิว
9. สิ่งที่ควรคำนึงเมื่อต้องการเก็บไดอัลเกจวัดความหนา
   - อย่าให้ไดอัลเกจวัดความหนาถูกแสงแดด
   - เก็บไดอัลเกจวัดความหนาในที่ที่มีความชื้นต่ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก
   - เก็บไดอัลเกจวัดความหนาที่ไม่มีฝุ่นละออง
   - อย่าวางไดอัลเกจวัดความหนาไว้บนพื้นโดยตรง
   - ผิวที่ใช้สำหรับวัดจะมีค่าออกจากความขนานได้ได้ ระหว่าง 0.2 ถึง 2 mm. (0.008” ถึง 0.08”)
   - เก็บไดอัลเกจวัดความหนาในกล่องมิดชิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้เครื่องวัดแรงดึง (Push Pull Scale Manual)

โครงสร้างของเครื่องวัดแรงดึง (Push Pull Scale)

ขั้นตอนการใช้เครื่องวัดแรงดึง ในการทดสอบแรงเสียดทานของ Slide Recilner

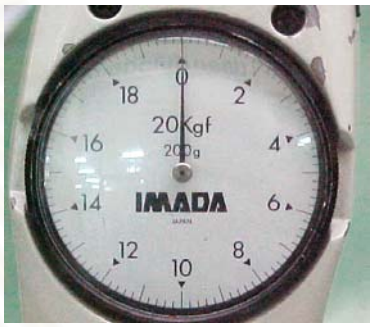
1. ประกอบชิ้นงานกับ Jig Check และล็อกไม่ให้ชิ้นงานเคลื่อนที่

วางชิ้นงานลงบน Jig Check

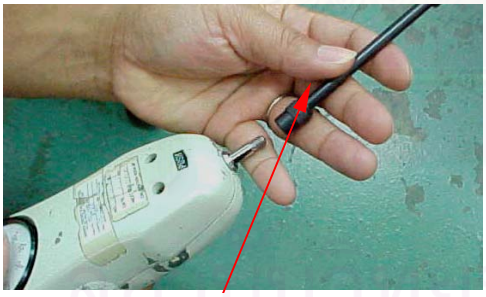
ล็อกชิ้นงานให้อยู่กับที่

2. ตรวจสอบสภาพของเครื่องวัดแรงดึงก่อนใช้งานจะต้องไม่มีความชำรุดเสียหาย เช่น หน้าปัดต้องไม่แตก เมื่อทำการกดหรือดึง เข็มบนหน้าปัดต้องมีการเคลื่อนที่ตาม เกลียวที่ใช้ในการประกอบอุปกรณ์ต้องไม่บิ่น หรือไม่สามารถประกอบด้ามต่อไปได้ เป็นต้น ถ้าเครื่องวัดแรงดึงไม่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานต้องดำเนินการแก้ไขก่อนนำไปใช้

3. กดปุ่ม ON และหมุนหน้าปัดเพื่อตั้งค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0



4. ประกอบด้ามดันเข้ากับเครื่องวัดแรงดึง เมื่อต้องการตรวจสอบตามมาตรฐานการตรวจสอบ

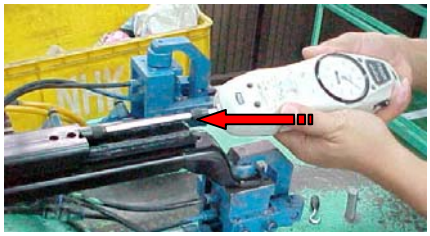


ต่อด้ามเพื่อเพิ่มความยาว

5. ทำการดันหรือดึงชิ้นงานโดยใช้แรง(กก.)คงที่ ในตำแหน่งที่ระบุไว้ในมาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงานพร้อมทำการอ่านค่าที่ของเข็มที่ชี้บนหน้าปัด

ภาพแสดงการทดสอบโดยใช้แรงดัน

วางรองตัววีในตำแหน่งที่มั่นคง



ออกแรงดันแล้วอ่านค่าแรงดันจากหน้าปัด โดยอ่านค่าที่เข็มชี้คงที่

แสดงการทดสอบโดยใช้แรงดึง

ใส่ขอเกี่ยวให้ลงกับรองหรือรูให้มั่นคง

ออกแรงดึงแล้วอ่านค่าแรงดึงจากหน้าปัด โดยอ่านค่าที่เข็มชี้ที่ค่าคงที่

วิธีการอ่านค่าของเครื่องวัดแรงดึง

1. ศึกษาขนาดของแรงดึงหรือดันเครื่องเครื่องวัดแรงดึง
2. ศึกษาค่าความละเอียดที่อ่านได้เช่น หน่วย อ่านได้จนถึงทศนิยมกี่ตำแหน่ง
3. อ่านเข็มที่ชี้บนสเกลที่ระบุ ถ้าเข็มชี้ตรงกับขีดใด ๆ บนสเกลให้ทำการอ่านค่าสเกลดังกล่าวได้ทันที ถ้าเข็มชี้ในตำแหน่งระหว่างขีดสเกล ให้อ่านค่าตัวเลขที่ใกล้กับเข็มที่ชี้เป็นค่าที่ได้จากการวัดนั้น ดังแสดงในรูปตัวอย่างต่อไปนี้

เท่ากับ 5.5 Kgf

เท่ากับ 6.5 Kgf

เท่ากับ 7.0Kgf

เท่ากับ 8.0 Kgf

ข้อควรปฏิบัติในการใช้เครื่องวัดแรงดึง

1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. ระวังอย่าให้เครื่องวัดแรงดึงหล่นหรือแรงกระแทกโดยเฉพาะส่วนที่เป็นหน้าปัด
4. ระวังอย่าให้เกลียวทั้งส่วนดึงและดันได้รับความเสียหาย
5. สิ่งที่ควรคำนึงเมื่อต้องการเก็บเครื่องวัดแรงดึง
    - อย่าให้เครื่องวัดแรงดึงถูกแสงแดด
    - เก็บเครื่องวัดแรงดึงในที่ที่มีความชื้นต่ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก
    - เก็บเครื่องวัดแรงดึงในที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง
    - อย่าวางเครื่องวัดแรงดึงไว้บนพื้นโดยตรง
    - เก็บเครื่องวัดแรงดึงและอุปกรณ์ไว้ในกล่องมิดชิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้เครื่องวัดขนาดชิ้นงาน 3 มิติ

(Coordinate Measurement Machine Manaul)

ข้อควรปฏิบัติในการเครื่องวัดขนาดชิ้นงานแบบ 3 มิติ

1. เปิด Dryers (ตู้ควบคุมสีน้ำเงิน) และปล่อยทิ้งไว้นานประมาณ 5 นาที (เพื่อไล่น้ำตกค้างออกจากระบบ)
2. เปิดวาล์ว 1 (ลมเข้า) เปิดวาล์ว 2 (ลมออก) เพื่อปล่อยลมให้เข้าสู่ระบบ(ระดับลมมาตรฐาน 3.8 ปอนด์
3. เปิด Power Save เพื่อส่งไฟเข้าสู่ระบบเครื่องคอมพิวเตอร์
4. เปิด Hard Disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์
5. เปิดหน้าจอ (Monitor)ของเครื่องคอมพิวเตอร์
6. เข้าสู่ระบบ Program Tutor For Windows
7. คลิกปุ่ม Initalize ปุ่ม Home คลิกๆ OK
8. คลิกปุ่ม Function
9. คลิกปุ่ม Insep
10. คลิกปุ่ม Tip Util เข้าไป Calibrate Sphere Gauge
11. เข้าไป Qualify Probe
12. ทำ Reference โดยคลิกที่ Align
13. เลือก Procedure ทำการ Alignment จนครบ 3 แกน
14. คลิก Measure เพื่อทำการวัดชิ้นงานและทำการปลด Lock Air แกน X,Y,Z เพื่อเลื่อนหาตำแหน่ง Check ต่อไป
15. เมื่อเลิกการใช้งานให้การเลื่อนหัว Check ไปด้านหลังของเครื่องและชิดมุมขวาของเครื่องพร้อมทั้ง Lock แกน X,Y,Z

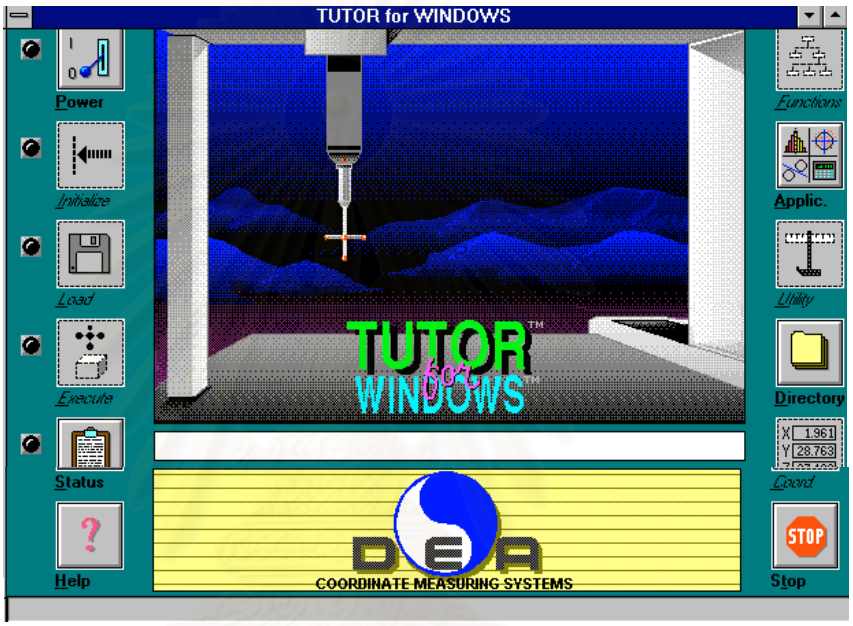
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการใช้โปรแกรมร่วมกับเครื่องวัดชิ้นงานแบบ 3 มิติ

การเปิดเครื่อง และเข้าสู่ โปรแกรมการทำงาน

การเข้าสู่ Tutor for Windows จะคลิ๊ก Tutor Icon จากWindows Page ของ Program Manager

SOI PAGE จะปรากฏขึ้นบนจอ



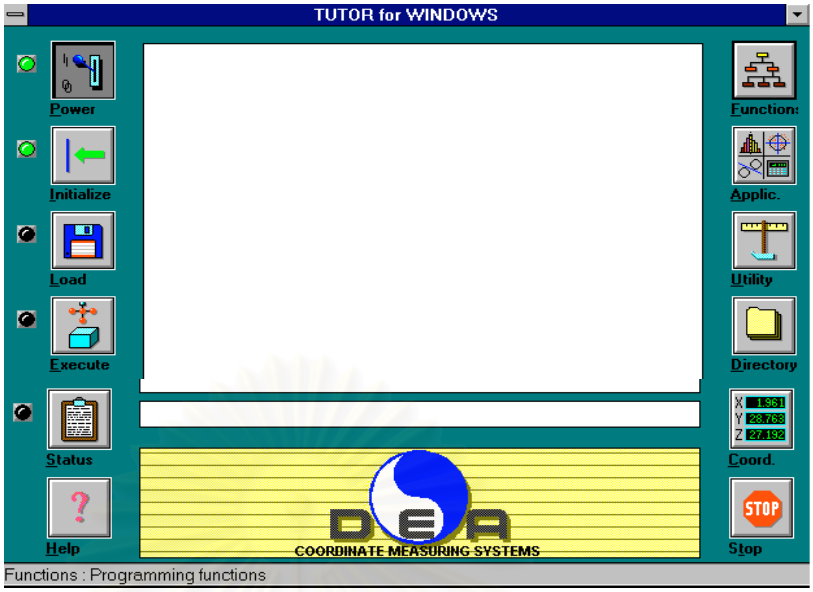
คลิ๊กปุ่ม POWER เพื่อเปิดการทำงาน

สังเกตไฟ LED จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว

คลิ๊ก ปุ่ม INITIALIZE

คลิ๊กไป OK ไฟ LED จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว

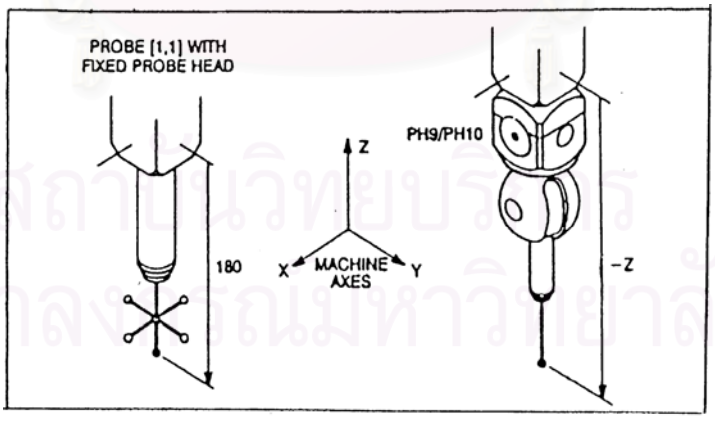
จอ SOI จะเปลี่ยนเป็น COMPLETE SOI PAGE โดยสังเกต LED จะเป็นสี

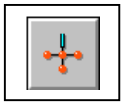


คลิ๊ก ปุ่ม FUNCTION เพื่อเข้าสู่การทำงานของโปรแกรม ต่อไป

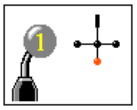
การปิดเครื่อง จะคลิ๊กที่ปุ่ม STOP แล้วออกจากโปรแกรม TUTOR ไปยัง PROGRAM MANAGR ของWINDOWS.

1. การใช้ PROBE (PROBE MANAGEMENT)



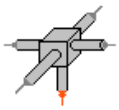


1.1 การเทียบมาตรฐานลูกกลม (CALIBRATING SPHERE GAUGE)

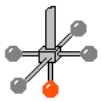


- ติดตั้งลูกกลมเข้ากับ แผ่นหินแกรนิตของเครื่อง CMM

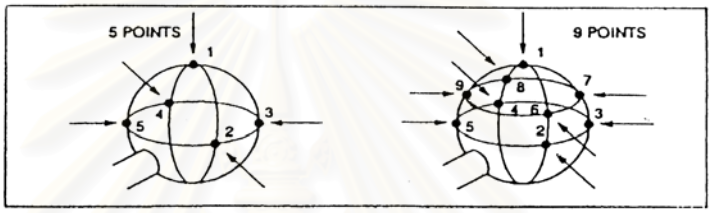
- คลิ๊กปุ่ม TIP UTIL ใน ACTIVITES WINDOWS จากนั้นไปที่รูป GAUGE1 CALIB



- เช็ค เส้นผ่านศูนย์กลางของ ลูกกลมที่ปรากฏบนจอให้ถูกต้อง
- พิมพ์ 180 ลงในช่อง OFFZ แล้วคลิ๊ก (ถ้าใช้ ขนาดอื่นให้วัดความยาวตั้งแต่ปายจนถึงปลาย แล้วพิมพ์ค่าลงไปแทน -180)



- ในให้เลือก ให้ถูกต้องกับที่เราใช้วัด และเลือกปลาย ให้ถูกต้องเช่นกัน
- วัดลูกกลมอย่างน้อย 5 จุด (ด้านบน1 จุดและรอบ ๆ อีก 4 จุด)จากนั้น คลิ๊กปุ่ม GO BACK

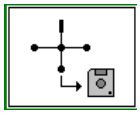


1.2 การQUALIFY หัววัด (QUALIFY PROBE)

- คลิ๊ก TIP QUALIFY จาก SPHERE GAUGE 1
- เลือกหมายเลขและทิศทางของ PROBE
- วัดลูกกลมอย่างน้อย 5 จุด (ด้านบน 1 จุด และรอบ ๆ อีก 4 จุด)จากนั้น คลิ๊กที่ปุ่ม GO BACK

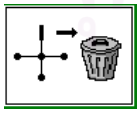
1.3 การบันทึก ลบ และเรียก FILE ของ PROBE

1.3.1 บันทึกไฟล์



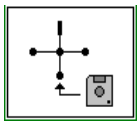
- คลิ๊กรูป SAVE PROBE จากนั้นพิมพ์ชื่อ FILE ในช่ อง FILENAME แล้วคลิ๊ก OK

1.3.2 ลบไฟล์



- คลิ๊ก DELETE PROBE จากนั้นคลิ๊ก LELECT จาก HEAD TO DELETE เลือก DELETE PROBE ที่จะลบทิ้ง แล้วคลิ๊ก OK

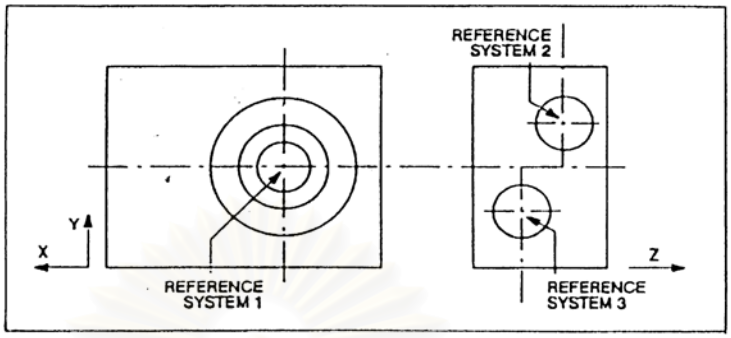
1.3.3 การเรียกไฟล์มาใช้งาน



- คลิ๊ก แล้วพิมพ์ ชื่อไฟล์ ลงในช่อง หรือ ใช้ดับเบิลคลิ๊กชื่อไฟล์ที่ต้องการจากรายชื่อไฟล์แล้ว คลิ๊ก OK

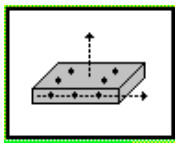
2. ชิ้นงานที่จะวัด (PART MANAGEMENT)

2.1 การสร้างระบบอ้างอิงของชิ้นงาน (CREATING REFERENCE SYSTEM)

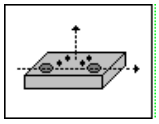


วิธีการแบบ MACRO มี 4 วิธีการคือ

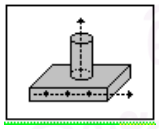
PROCEDURE 1 : ระนาบ และเส้นตรง



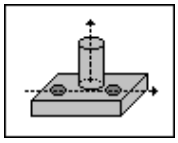
PROCEDURE 2 : ระนาบ และ เส้นตรงที่ผ่านศูนย์กลางวงกลม 2 วง



PROCEDURE 3 : ทรงกระบอก และเส้นตรง

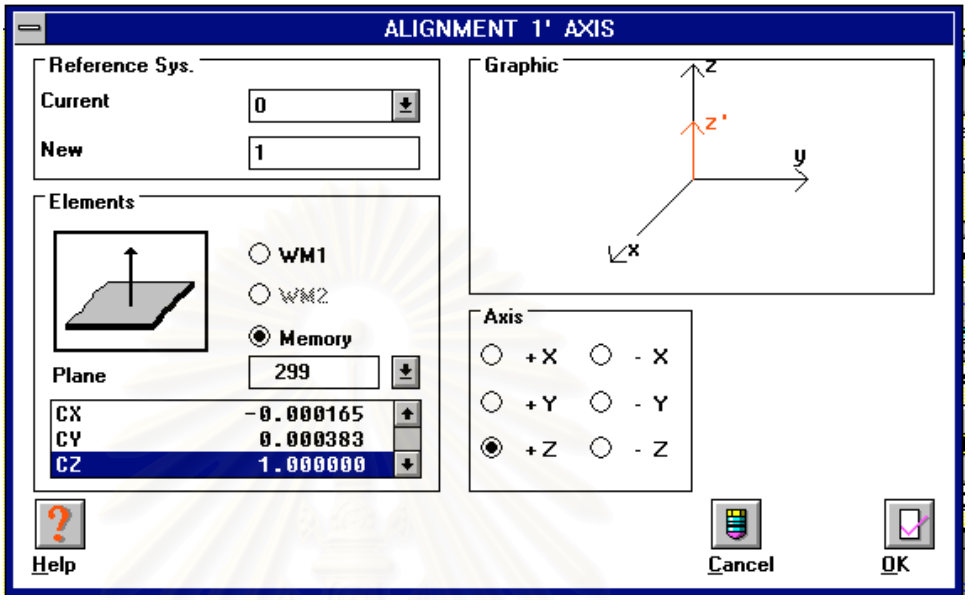


PROCEDURE 4 : ทรงกระบอก และเส้นตรงที่ผ่านศูนย์กลางของวงกลม 2 วง

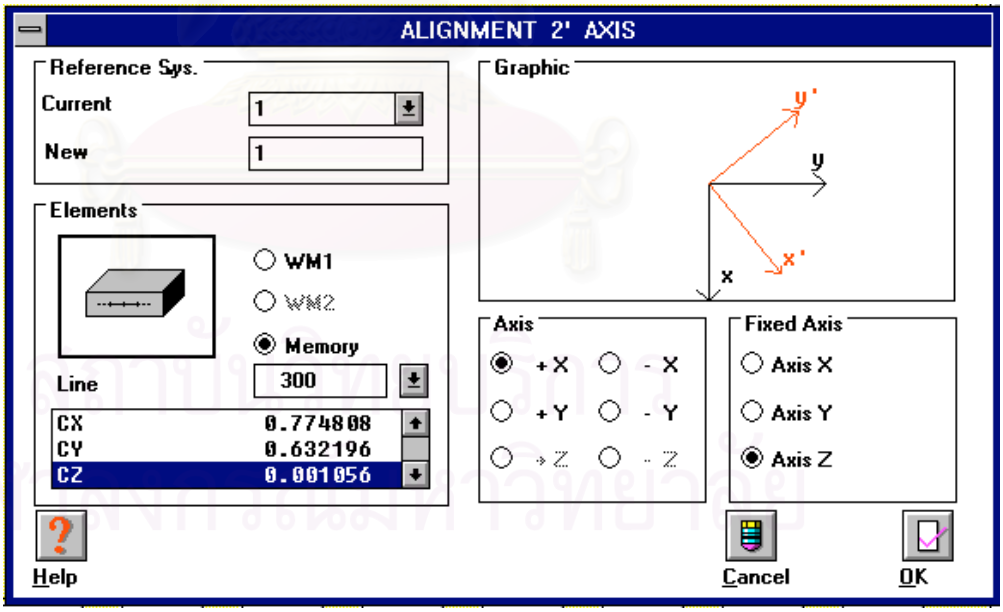


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

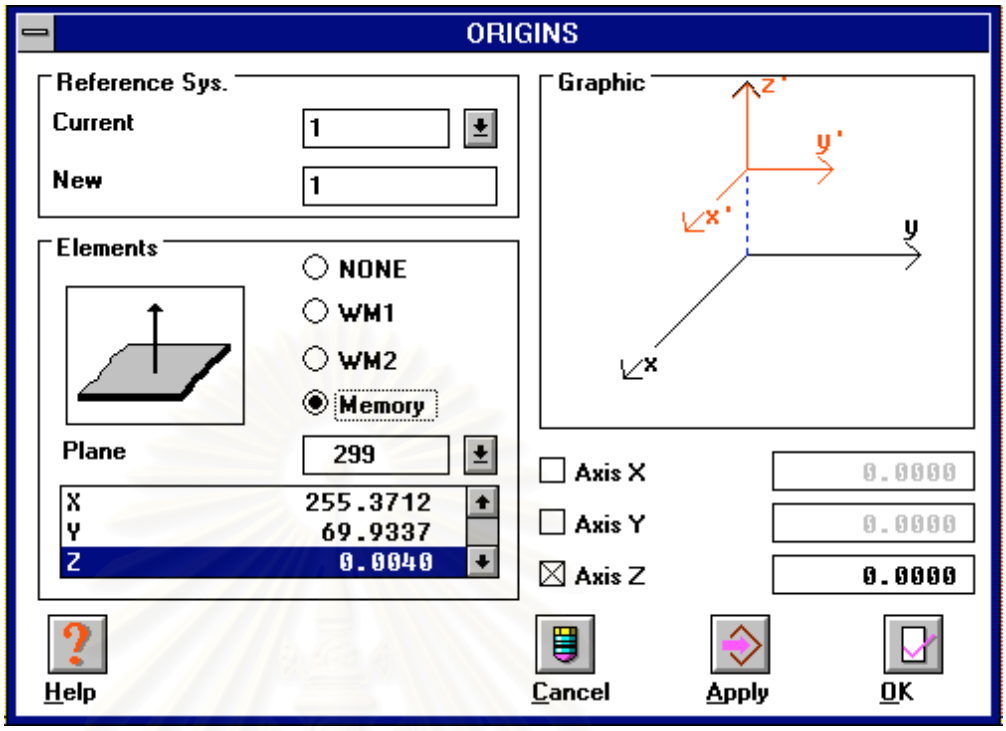
การสร้าง REFERENCE SYSTEM ทำได้โดย



- ALIGNMENT แกนที่ 1 โดยการวัดแล้วเข้าสู่ WINDOWS ALIGNMENT 1 AXIS จะได้แกน Z เป็น 0 (วัดระนาบหรือทรงกระบอก)



- ALIGNMENT แกนที่ 2 โดยการวัดแล้วเข้าสู่ WINDOWS ALIGNMENT 2 AXIS จะได้แกน x หรือ y เป็น 0 (วัดเส้นตรงหรือ วงกลมเพื่อหาจุดผ่านของเส้นตรง)



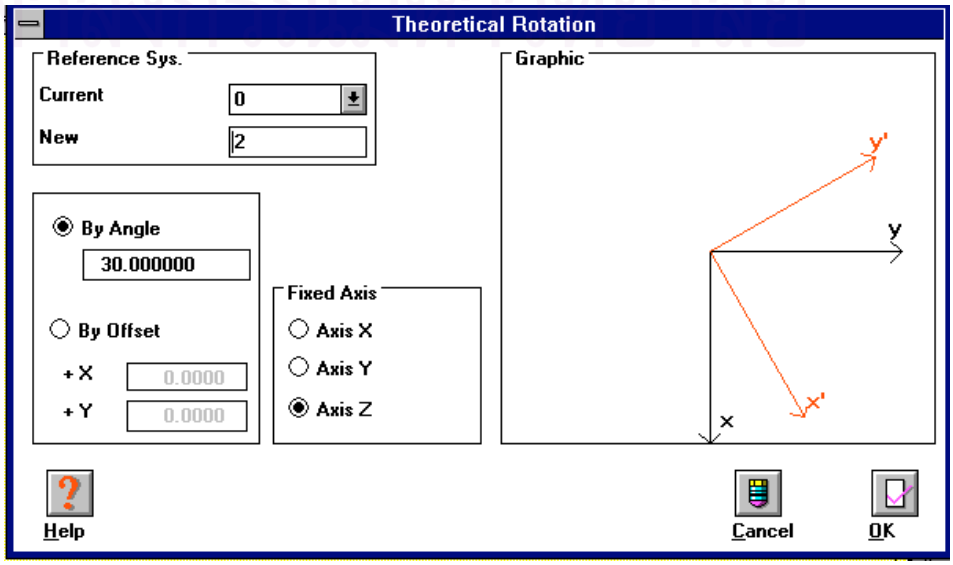
- หาจุด ORIGIN ของแกน โดยการวัดแกนที่เหลือ X หรือ Y แล้วกำหนดจุดตัดของ แกนเป็น ORIGIN (ในกรณีเป็นเส้นตรงที่ผ่านวง 2 วง จะอยู่ที่จุดศูนย์กลางของวงกลมวงที่ 1 โดยไม่ต้องทำขั้นตอนที่ 3)

วิธีการแบบ FREE PROCEDURE

โดยการวัดแล้วเก็บไว้ใน MEMORY จากนั้นจะเรียกมาใช้ภายหลัง

การย้ายจุด ORIGIN

- วัดจุดหรือวงกลมที่ต้องการย้ายจุด ORIGIN ไป
- คลิ๊ก รูป ORIGIN ใน ALIGNMENT WINDOWS แล้ว คลิ๊ก OK



2.2 การหมุนแกน (AXIS ROTATION)

เป็นการเปลี่ยน โดยการหมุนระนาบของสองแกนที่ตั้งฉากกับแกนที่ 3 โดยใช้แกนที่ 3 เป็นจุดหมุน

สามารถหมุนได้ 2 แบบ

1. โดยการป้อนค่ามุมที่จะหมุนไป (ค่ามุมเป็นบวกถ้าหมุนทวนเข็มนาฬิกา)
2. โดยการป้อน CORDINATE ของแกนทั้ง 2 ที่หมุนไป
   - คลิ๊ก THEORETICAL ROTATION ICON แล้วใส่ค่าที่ต้องการหมุน แล้วคลิ๊ก OK

2.3 การบันทึก ลบ และเรียก FILE ของ REFERENCE

2.3.1 บันทึกไฟล์

- คลิ๊ก SAVE REFSYS จากนั้นพิมพ์ชื่อไฟล์ ในช่อง FILENAME แล้วคลิ๊ก OK

2.3.2 ลบไฟล์

- คลิ๊ก DELETE ALIGN แล้ว คลิ๊ก REF.SYS.TO DELETE เลือกไฟล์ที่ต้องการลบ แล้วคลิ๊ก OK

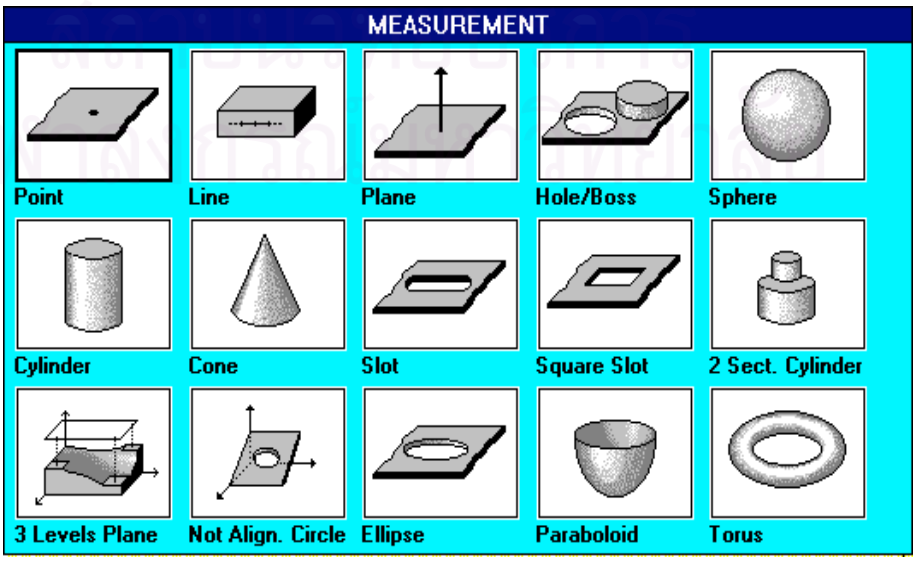
2.3.3 การเรียกไฟล์มาใช้งาน

- คลิ๊ก LOAD REF .SYS จากนั้นพิมพ์ชื่อไฟล์ที่ต้องการในช่อง หรือ ดับเบิ้ลคลิ๊กชื่อไฟล์ที่ต้องการ จากรายชื่อไฟล์ แล้ว คลิ๊ก OK.

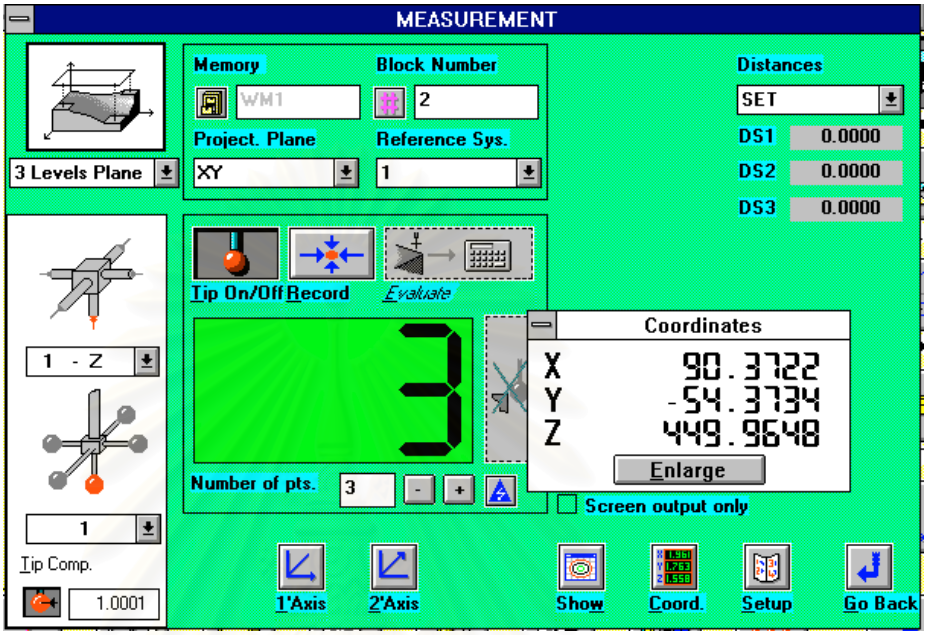
3. การวัดชิ้นงาน (MEASUREMENT ELEMENTS)

การวัดรูปทรงเรขาคณิต (MEASURING GEOMETRICAL ELEMENTS)

หลังจากทำการ CALIBATE SPHERE GAUGE และ QUALIFY PROBE แล้ว จะทำการสร้างของชิ้นงานแล้วจึงจะเริ่มทำการวัด



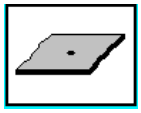
- คลิ๊กรูป MEASURE เข้าสู่ MEASUREMENT WINDOWS.
- เลือกรูปที่ต้องการวัด แล้วคลิ๊กเพื่อเข้าสู่ MEASUREMENT PARAMETER WINDOWS

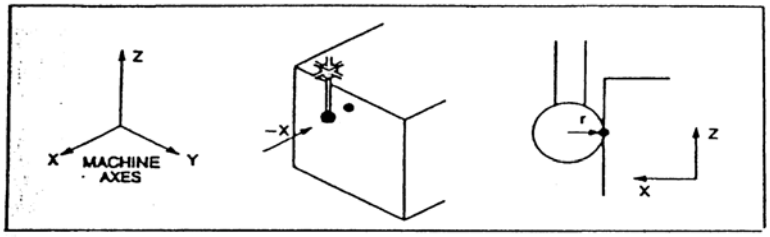


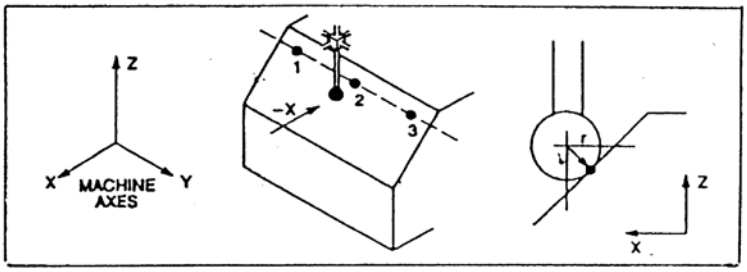
- เลือก PROBE และ TIP ที่ต้องการใช้วัด
- เลือกว่าจะเก็บการวัดใน MEMORY 1,2,3… หรือ WM1 WM2
- เลือก PROJECTION PLANE ว่างานที่วัดอยู่บน อะไร (XY, YZ หรือ ZX)
- เลือกREFERENCE SYSTEM ที่จะใช้
- วัดชิ้นงานตามที่ต้องการ

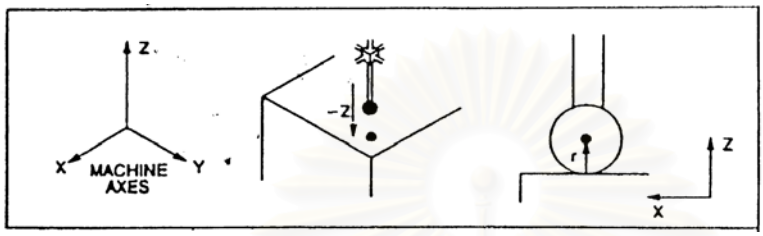
ซึ่งใน MEASUREMENT WINDOWS จะมี ICON สำหรับวัด รูปทรงเรขาคณิตได้ดังนี้ POINT, LINE, PLANE , HOLE/BOSS,SPHERE, CYLINDER ,CONE SLOT SQUARED SLOT , TWO – SECTION CYLINDER , THREE – LEVEL PLANE , NONALIGNED CIRCLE , ELIPSE , PARABOLOID และ TORUS

Point

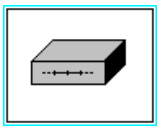


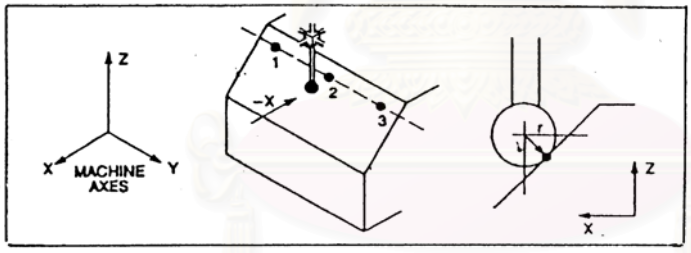




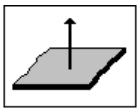


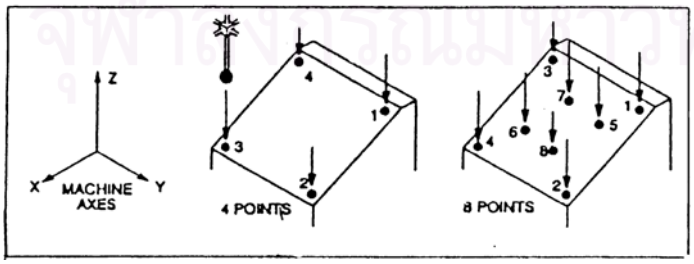
Striaght Line





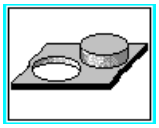
PLANE

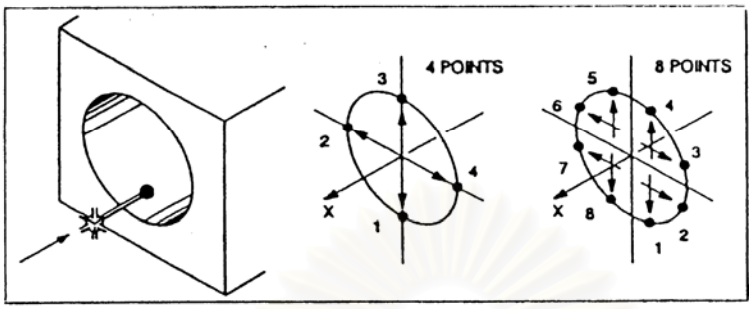




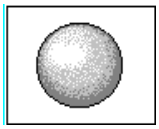
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Hole/Boss

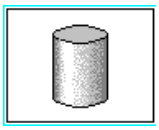


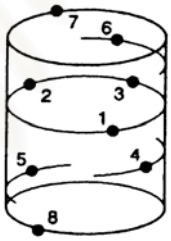


Sphear



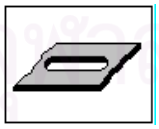
Cylinder



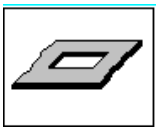


Cone

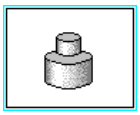
Slot

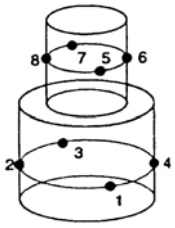


Squared Slot

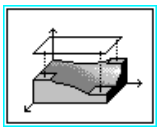


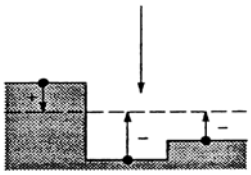
Two-section Cylinder



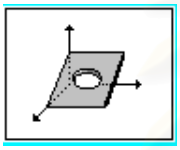


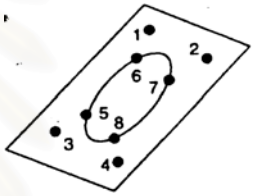
Three-level Plane



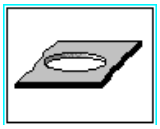


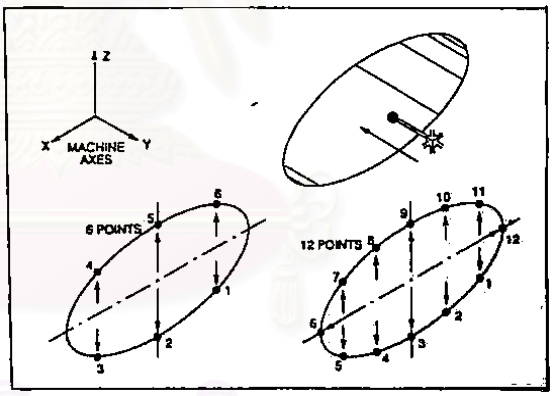
Non-aligned Circle



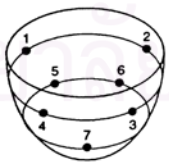


Ellipse

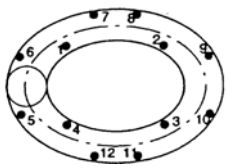




Paraboloid

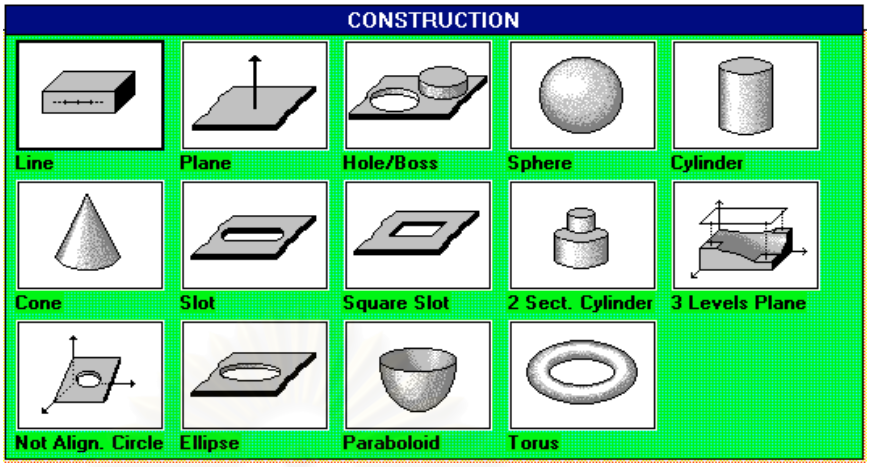


Torus



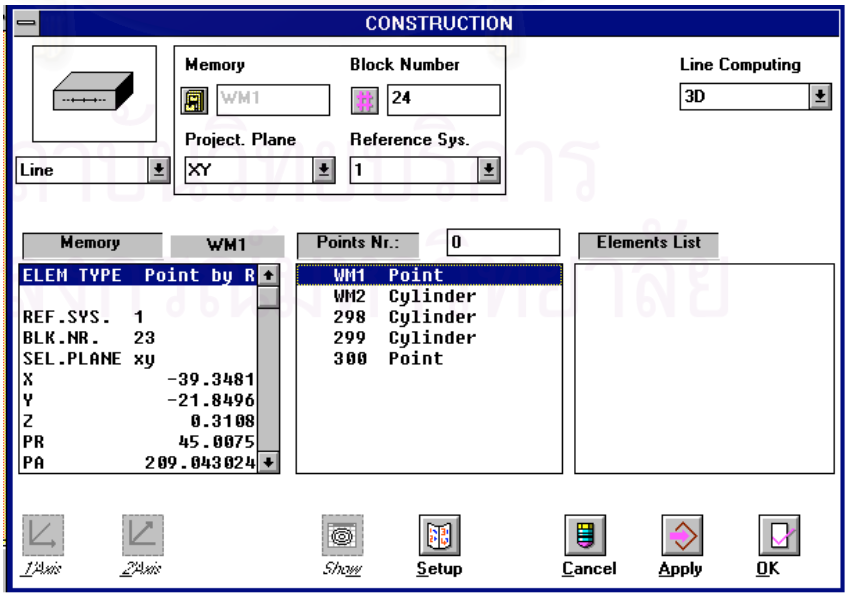
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การสร้างรูปทรงต่าง ๆ (CONSTRUCTING ELEMENTS)



การสร้างรูปทรงเรขาคณิตต่าง ๆ เช่นเดียวกับ MEASUREMENT WINDOWS แต่เราใช้รูปทรงที่เราวัด และเก็บใน MEMORY มาใช้โดยไม่ต้องวัดซ้ำอีก โดยสามารถสร้างรูปทรงทรงเรขาคณิตได้ เช่นเดียวกับ MEASUREMENT WINDOWS คือ LINE, PLANE , HOLE/BOSS, SPHERE, CYLINDER ,CONE , SLOT, SQUARED SLOT , TWO – SECTION CYLINDER , THREE – LEVEL PLANE , NON-ALIGNED , CIRCLE , ELIPSE , PARABOLOID และ TORUS

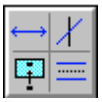
- คลิ๊ก ICON CONSTRUCTION
- เลือกรูปที่ต้องการสร้างเข้าสู่ CONSTRUCTION PARAMETERS WINDOWS



- เลือกใช้ MEMORY ที่นำมาสร้าง เลือก REFERENE SYSTEM
- เลือก PROJECTTION PLANE
- คลิ๊ก OK.

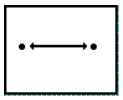
5. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรงต่าง ๆ (RELATIONSHIPS BETWEEN ELEMENTS)

ใช้สำหรับ รูปทรง 2 สิ่งที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น ระหว่างมุม การตัดกัน จุดกึ่งกลางเป็นต้น โดยจะได้จากการคำนวณของโปรแกรม ไม่สามารถวัดได้โดยตรง

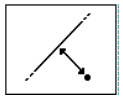


- คลิ๊กรูป RELATION จาก MENU
- RELATION WINDOWS ที่ประกอบด้วย ความสัมพันธ์ 5 ชนิดจะปรากฏขึ้น คือระหว่าง (DISTANCE) การตัดกัน (INTERSECTION) จุดกึ่งกลาง (MIDDLE) โปรเจ็คชั่น (PROJECTION) และมุม (ANGLES) ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีรูปให้เลือกว่าจะเป็นความสัมพันธ์ของรูปทรงต่าง ๆ 2 สิ่งที่มาสัมพันธ์กัน คือ

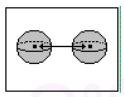
5.1 DISTANCE RELATIONSHIPS)ประกอบด้วย



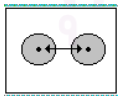
5.1.1 ระยะห่างระหว่างจุด 2 จุดบน PLANE (2D)



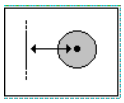
5.1.2 ระยะห่างระหว่างจะ และเส้นตรง (2D)



5.1.3 ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของ ทรงกลม 2 อัน

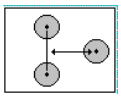


5.1.4 ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของ วงกลม 2 วง

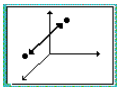


5.1.5 ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของ วงกลมและเส้นตรง

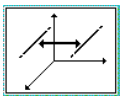
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



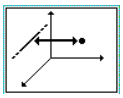
5.1.6 ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวงกลม วงที่ 1 กับเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมอีก 2 วง



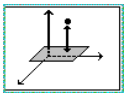
5.1.7 ระยะห่างระหว่าง จุด 2 จุด (3D)



5.1.8 ระยะห่างระหว่างจุดและเส้นตรง (3D)

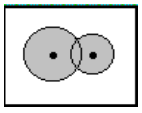


5.1.9 ระยะห่างระหว่างจุดและเส้นตรง (3D)

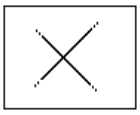


5.1.10 ระยะห่างระหว่างจุดและระนาบ (3D)

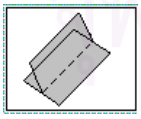
5.2 INTERSECTION BETWEEN TWO ELEMENTES)ประกอบด้วย



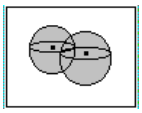
5.2.1 การตัดกันของวงกลม 2 วง



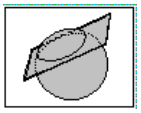
5.2.2 การตัดกันของ เส้นตรง 2 เส้น



5.2.3 การตัดกันของ ระนาบ(PLANE) 2 ระนาบ

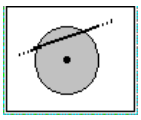


5.2.4 การตัดกันของทรงกลม 2 อัน

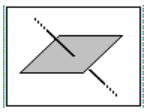


5.2.5 การตัดดันของระนาบกับทรงกลม

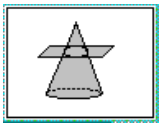
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



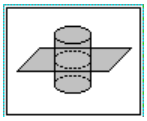
5.2.6 การตัดกันของวงกลมกับเส้นตรง



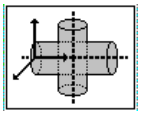
5.2.7 การตัดกันของเส้นตรงกับระนาบ



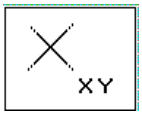
5.2.8 การตัดกันของรูปกรวย (CONE) กับระนาบ



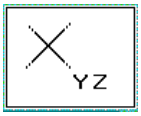
5.2.9 การตัดกันของทรงกระบอกกับระนาบ



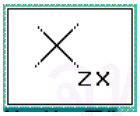
5.2.10 การตัดกันของทรงกระบอก 2 อัน



5.2.11 การตัดกันของเส้นตรง 2 เส้น ใน PLANE XY



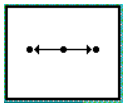
5.2.12 การตัดกันของเส้นตรง 2 เส้น ใน PLANE YZ



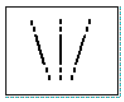
5.2.13 การตัดกันของเส้นตรง 2 เส้น ใน PLANE ZX

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

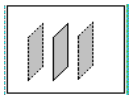
5.3 RELATIONSHIPS BETWEEN MIDDLE ELEMENTS ประกอบด้วย



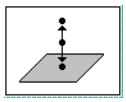
5.3.1 จุดกึ่งกลางระหว่าง จุด 2 จุด



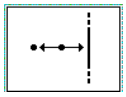
5.3.2 เส้นกึ่งกลางระหว่าง เส้นตรง 2 เส้น



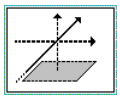
5.3.3 ระนาบกึ่งกลางระหว่าง ระนาบ 2 ระนาบ



5.3.4 จุดกึ่งกลางระหว่างจุดและระนาบ

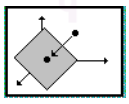


5.3.5 จุดกึ่งกลางระหว่างจุดและเส้นตรง

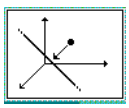


5.3.6 เส้นกึ่งกลางระหว่าง เส้นตรง กับ PROJECTTION ของเส้นตรงบนระนาบ

5.4 PROJECT RELATIONSHIPS ประกอบด้วย

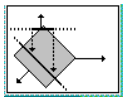


5.4.1 จุดที่ PROJECTION ไปบนระนาบ

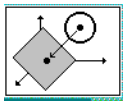


5.4.2 PROJECTION ของจุดบนเส้นตรง

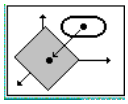
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



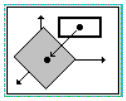
5.4.3 PROJECTION ของเส้นตรงบนระนาบ



5.4.4 PROJECTION ของจุดของวงกลมบนระนาบ

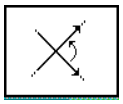


5.4.5 PROJECTION ของจุดของ SLOT บนเส้นตรง

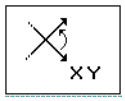


5.4.6 PROJECTION ของ SQUARE SLOT บนระนาบ

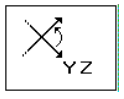
5.5 ANGLE BETWEEN TWO ELEMENT ประกอบด้วย



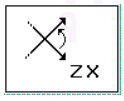
5.5.1 เส้นตรงกับเส้นตรง



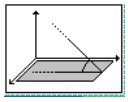
5.5.2 เส้นตรงกับเส้นตรงใน



5.5.3 เส้นตรงกับเส้นตรงใน

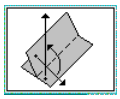


5.5.4 เส้นตรงกับเส้นตรงใน

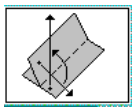


5.5.5 เส้นตรงกับระนาบ

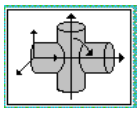
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



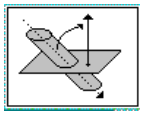
5.5.6 ระนาบกับระนาบ



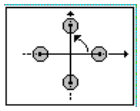
5.5.7 ทรงกระบอกกับทรงกระบอก



5.5.8 ทรงกระบอกับระนาบ



5.5.9 เส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลม



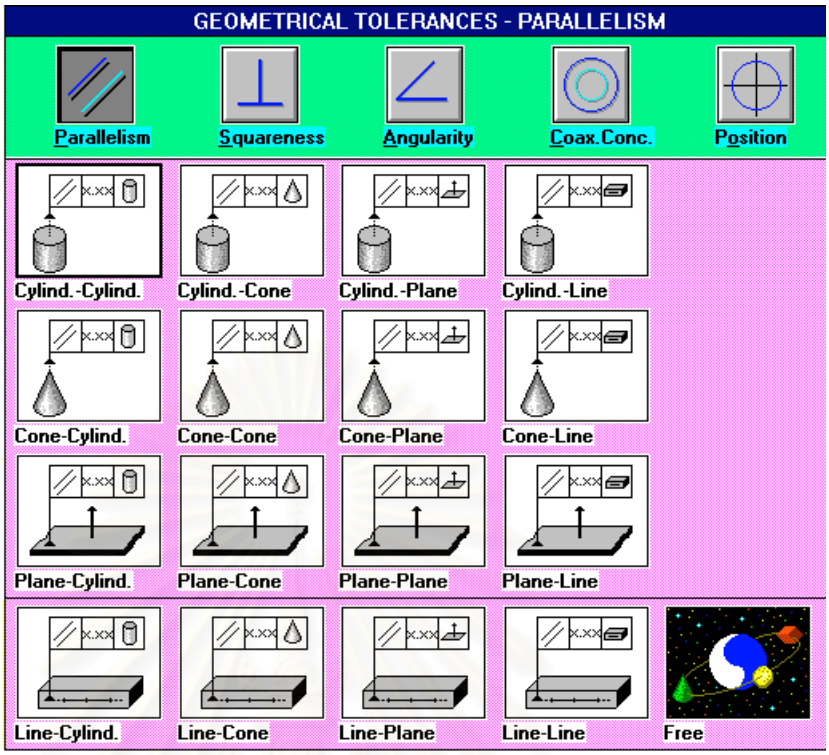
5.5.10 เส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลม

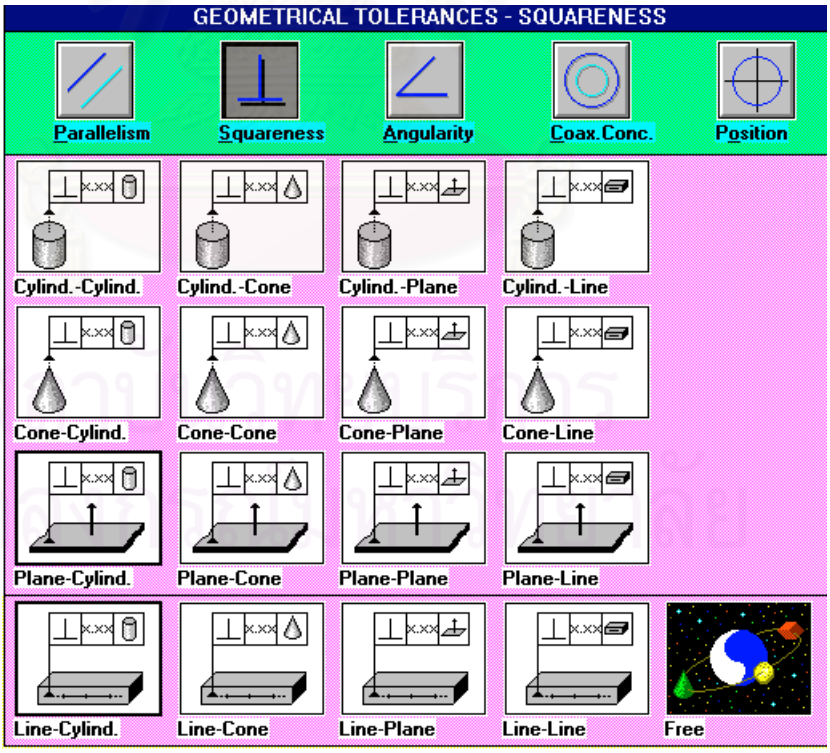
6. ตรวจสอบ ความเผื่อของรูปทรงเรขาคณิต (Checking Geometric Tolerances)

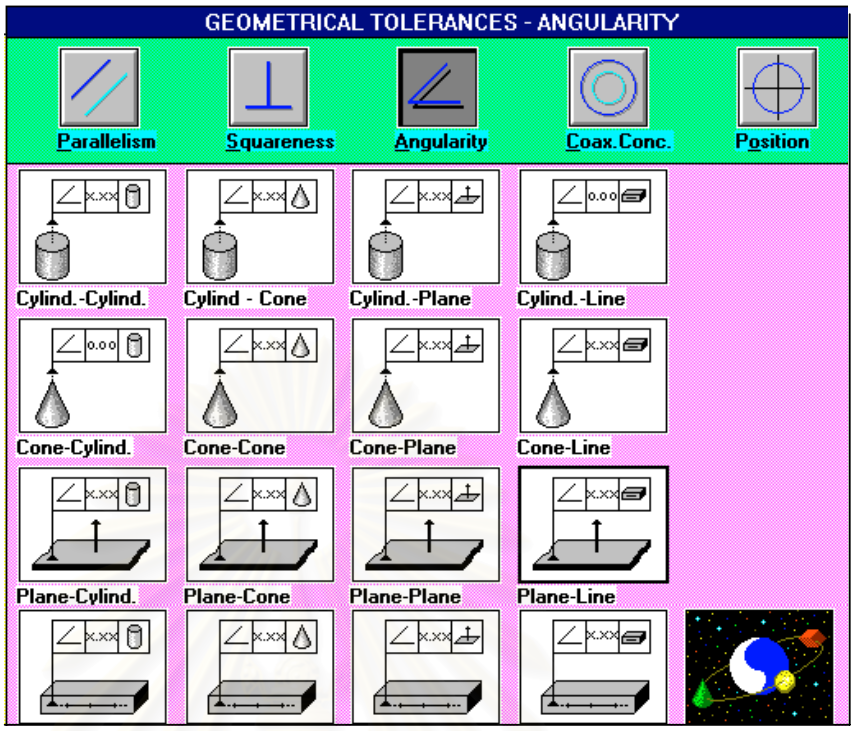
การตรวจสอบ GEOMETRIC TOLERANCE ใช้สำหรับตรวจสอบความผิดพลาดของการกำหนด ทิศทางตำแหน่งของ รูปทรงที่ตรวจสอบ เทียบกับรูปทรงอ้างอิง (DATUM ELEMENT)

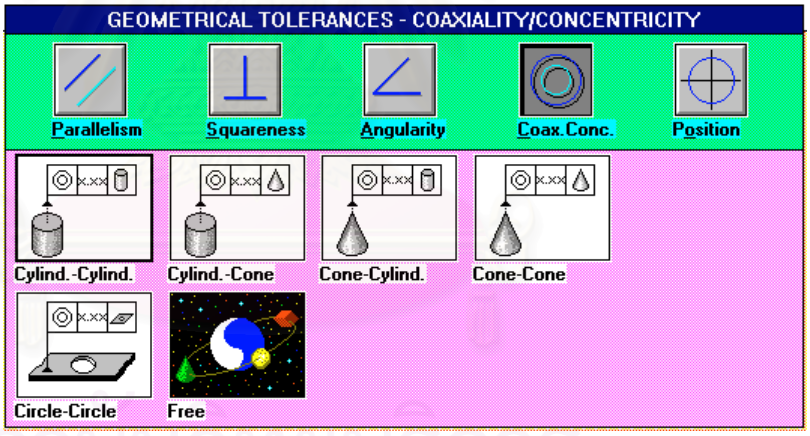
- คลิ๊ก ICON GD&T จะเข้าสู่ WINDOWS ที่ประกอบไปด้วย PARALLELISM TOL., SQUARENESS TOL., LCOAXIALITY AND CONCENTRICITY TOL., และ POSITION.TOL., ซึ่งประกอบไปด้วย ELEMENTYS 2 ELEMENTS ที่เราต้องการมาหา TOLERANCE แต่ละอัน

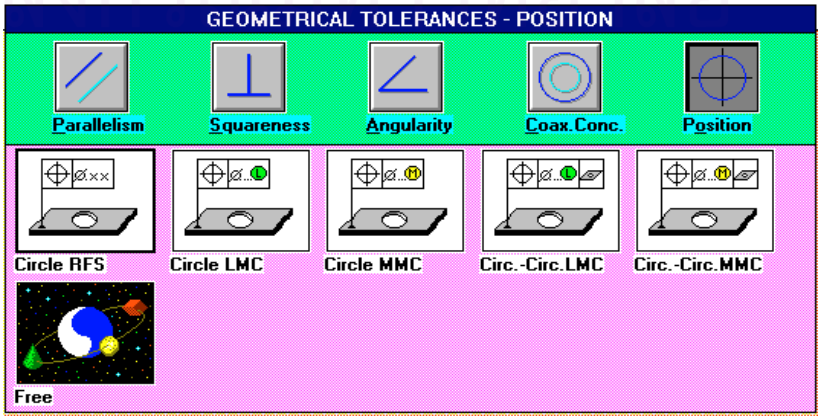
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


GEOMETRICAL TOLERANCES - PARALLELISM
Parallelism
Squareness
Angularity
Coax.Conc.
Position
Cylind.-Cylind.
Cylind.-Cone
Cylind.-Plane
Cylind.-Line
Cone-Cylind.
Cone-Cone
Cone-Plane
Cone-Line
Plane-Cylind.
Plane-Cone
Plane-Plane
Plane-Line
Line-Cylind.
Line-Cone
Line-Plane
Line-Line
Free


GEOMETRICAL TOLERANCES - SQUARENESS
Parallelism
Squareness
Angularity
Coax.Conc.
Position
Cylind.-Cylind.
Cylind.-Cone
Cylind.-Plane
Cylind.-Line
Cone-Cylind.
Cone-Cone
Cone-Plane
Cone-Line
Plane-Cylind.
Plane-Cone
Plane-Plane
Plane-Line
Line-Cylind.
Line-Cone
Line-Plane
Line-Line
Free

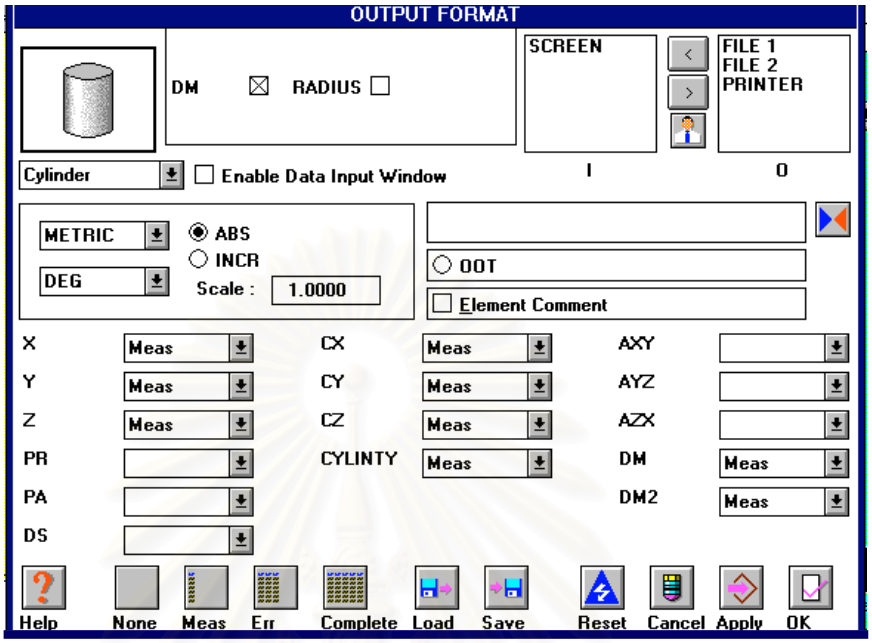

GEOMETRICAL TOLERANCES - ANGULARITY
Parallelism
Squareness
Angularity
Coax.Conc.
Position
Cylind.-Cylind.
Cylind - Cone
Cylind.-Plane
Cylind.-Line
Cone-Cylind.
Cone-Cone
Cone-Plane
Cone-Line
Plane-Cylind.
Plane-Cone
Plane-Plane
Plane-Line


GEOMETRICAL TOLERANCES - COAXIALITY/CONCENTRICITY
Parallelism
Squareness
Angularity
Coax.Conc.
Position
Cylind.-Cylind.
Cylind.-Cone
Cone-Cylind.
Cone-Cone
Circle-Circle
Free


GEOMETRICAL TOLERANCES - POSITION
Parallelism
Squareness
Angularity
Coax.Conc.
Position
Circle RFS
Circle LMC
Circle MMC
Circ.-Circ.LMC
Circ.-Circ.MMC
Free

7. MEASUREMENT OUTPUT CONTROL

7.1 การกำหนด OUTPUT FORMAT

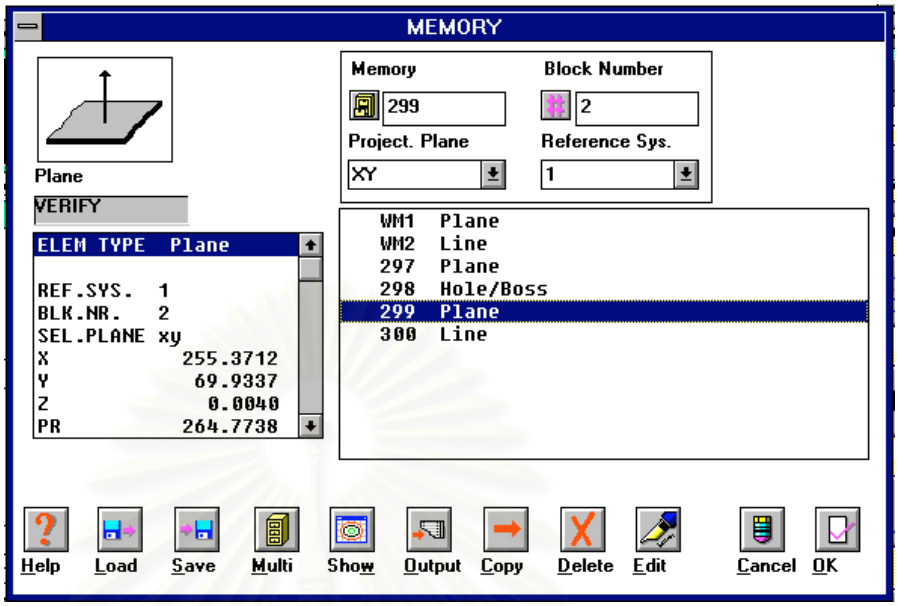


เราสามารถกำหนดค่าของการแสดงผลจากการวัดออกมาได้ทั้งทาง PRINTER และทางหน้า จอ MONITOR

- คลิ๊ก จากหน้าจอ MEASUREMENT
- จาก LIST เลือก SCREEN หรือ PRINTER โดยช่อง I จะทำงาน ช่อง O จะไม่ทำงาน
- จากนั้น คลิ๊ก CUTOMIZATION
- คลิ๊กปุ่ม NONE จากนั้น ปุ่ม APPLY
- จาก SCROLL BAR เลือก ELEMENT ที่ต้องการกำหนดที่จะแสดงผล เช่น HOLE/BOSS จากช่อง DM เลือก MEANS.ช่อง ROUNDS เลือก ERE. เป็นต้น แล้ว คลิ๊ก APPLY
- เมื่อเลือกครบทุกรายการที่ต้องการแล้วคลิ๊ก OK

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2 การกำหนด MEMORY



หน่วยความจำของ TOTORWINDOWS สามารถบันทึกค่าผลการวัดหรือการคำนวณได้ 300 ความจำ โดยจะมี 2 ประเภทคือ

1. WORKING ELEMENT โดยผลการวัดจะบันทึกลงใน WM 1 เสมอ เมื่อมีผลการวัดค่าใหม่เข้ามาจะบันทึกลง และผลเดิมจะเลื่อนไปอยู่ใน WM 2 ส่วน จะถูกลงทิ้งไป

2. MEMORY ELEMENT จะเริ่มต้นจาก 1 ไปจนถึง 300 ตามลำดับ การเข้าสู่ MEMORY ทำได้โดย

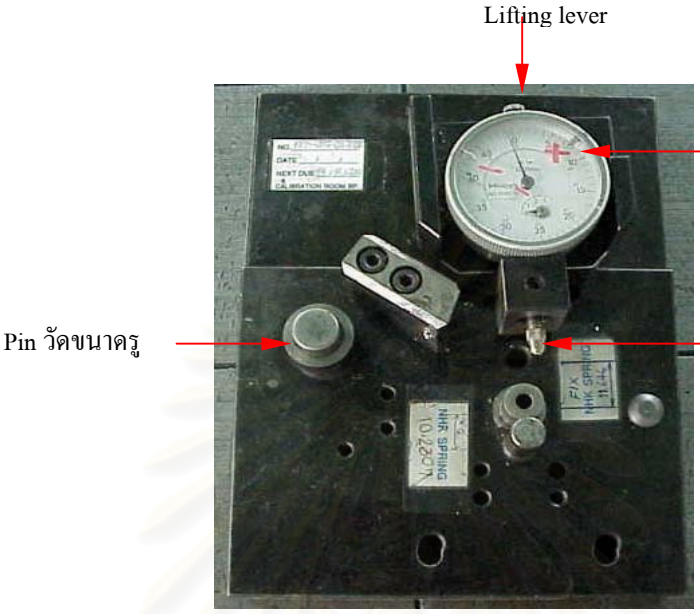
- คลิ๊ก MEMORY จากหน้าจอ หน้าจอจะแสดง MEMORY WINDOW เลือกรายการหน่วยความจำจาก ซึ่งเราจะสามารถ SAVE,LOAD,COPY เช็คผลของแต่ละหน่วยความจำ MEASUREMENT เปลี่ยนแปลงแก่ไขค่าต่าง ๆ ในหน่วยความจำได้ ตามคำสั่งมีอยู่ใน MEMORY WINDOW

8. การวัด PART PROGRAM

- เตรียมวางแผนการตรวจเช็คตาม DRAWING ที่จะนำมาทำ PART PROGRAM
- เข้าสู่การสร้าง PART PROGRAM โดยเข้าสู่ โดย SELF-TECH MODE
- คลิ๊ก FUNCTIONS แล้ว คลิ๊กTEACH จาก SOI WINDOW
- ALIGMENT ชิ้นงานที่ต้องการวัด จากนั้นทำการวัดชิ้นงาน พร้อมกับ คลิ๊กLERN เมื่อสิ้นสุดการวัด
- ทำการ SAVE PROGRAM ไว้ในชื่อที่ต้องการ เมื่อจะใช้
- เมื่อต้องการ RUN PROGRAM ให้ LOAD PROGRAM ออกมา แล้วคลิ๊ก
- คลิ๊กRUN เพื่อ RUN PROGRAM

คู่มือการใช้เครื่องวัดความสูงฟันเฟือง (Lock Gear Dial Gage Manaul)

โครงสร้างของ เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก



ชิ้นงานมาตรฐานที่ระบุขนาดเพื่อใช้ในการตั้งค่าของ ไดอัลเกจ

ขั้นตอนการใช้เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก

1. ทำความสะอาดและวาง Lock Gear Dial Gauge ลงบนโต๊ะที่มั่นคง
2. ประกอบชิ้นงานมาตรฐานเพื่อตั้งค่าหน้าปัดให้เท่ากับ 0

ขั้นตอนที่ 1 วางชิ้นงานมาตรฐานใน PIN วัดขนาดรู

ขั้นตอนที่ 2เลื่อนหัวกดของไดอัลเกจให้อยู่ในตำแหน่งที่มีขีด mark บนชิ้นงานมาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 3 ปรับหน้าปัดเพื่อตั้งค่า 0

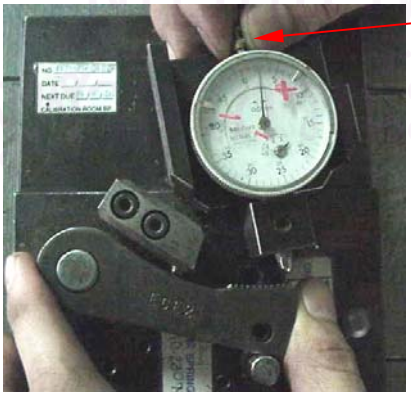
ขั้นตอนที่ 4 แสดงตำแหน่งหัวกดในการตั้งค่า

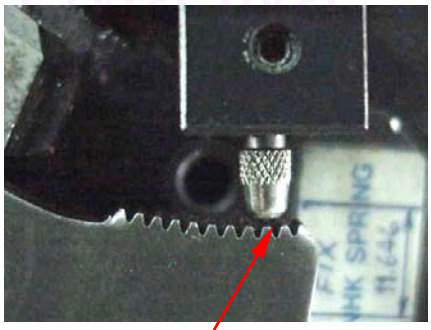
ให้หัวกดของไดอัลเกจสัมผัสกับสันเฟือง
ณ ตำแหน่งที่ขีดเครื่องหมาย

3. ประกอบชิ้นงานกับเครื่องวัด โดยให้รูตรงกับPin ที่อยู่บนเครื่องวัดเพื่อเป็นการตรวจสอบขนาดของรู (ถ้าชิ้นงานไม่สามารถประกอบลงรูได้ ถือว่าเป็นชิ้นงาน NG ทันทีโดยไม่ต้องทำการตรวจสอบโดยการวัด)

4. เริ่มทำการวัดความสูงของสันเฟือง

ยก Lifting lever ทุกครั้งเมื่อต้องการวัดสัน ฟันเฟืองถัดไป





หัวกดของไดอัลเกจต้องสัมผัสอยู่บนสันเฟือง

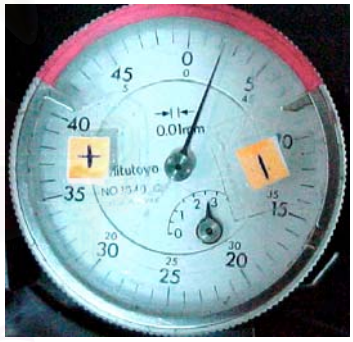
5. เริ่มทำการอ่านค่าโดยอ่านค่าดังนี้

- เริ่มจากการอ่านจำนวนรอบของเข็มสั้น(1รอบ เท่ากับ 1 มิลลิเมตร)
- อ่านค่าจำนวนช่องจากเข็มยาวชี้(เมื่อเข็มไม่ชี้ที่ขีดสเกลพอดีให้ทำการปัดเศษโดยใช้หลักถ้าเข็มชี้เลยกึ่งกลางช่องให้ปัดเศษตัวเลขขึ้น ถ้าเข็มชี้ไม่ถึงกึ่งกลางช่องให้ทำการปัดเศษตัวเลขลงแล้วคูณค่าความละเอียดของไดอัลเกจ)

เข็มสั้นอ่านค่าได้เท่ากับ 1 มิลลิเมตร
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 21 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 1.21 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าได้น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 12 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 0.12 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 28 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 0.28 มิลลิเมตร



เข็มสั้นอ่านค่าได้เท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 2 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 2.52 มิลลิเมตร

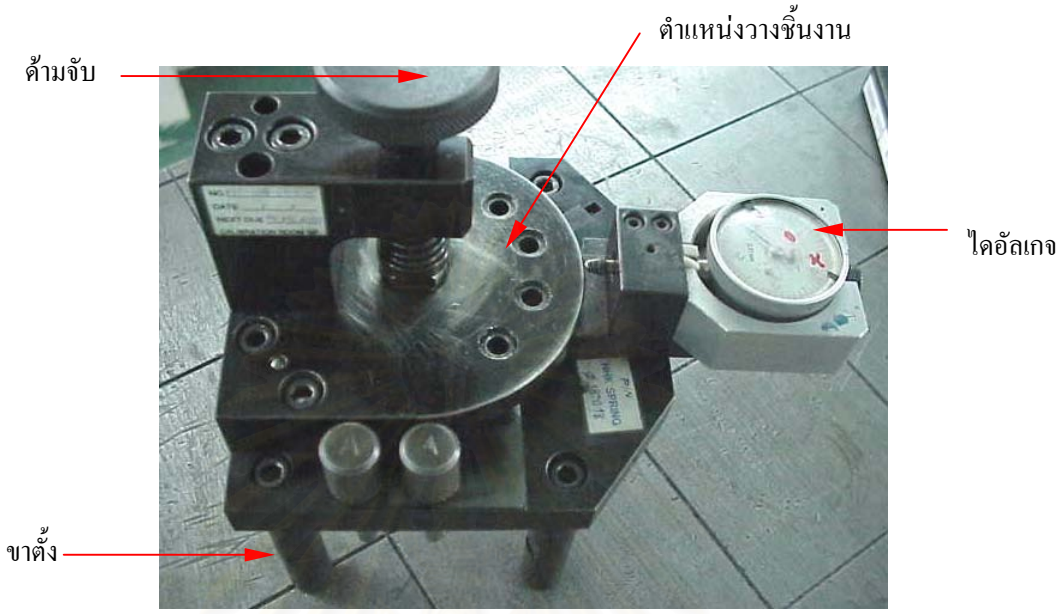
ข้อควรปฏิบัติในการใช้เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก

1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. ระหว่างอย่าให้เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อกได้รับแรงกระแทกโดยเฉพาะหน้าปัด
4. ควรใช้ Lift lever เพื่อยก Spindle เพื่อป้องกันหัวกดเสียหาย
5. ซ่อมแซมจุดสัมผัสที่สึกหรอ
6. เช็ดฝุ่นละอองออกจากส่วนที่เป็นหัวกดซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้หัวกดติดขัด
7. สิ่งที่ควรคำนึงเมื่อต้องการเก็บเครื่องวัดความสูงเฟืองล็อก
    - อย่าให้เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อกถูกแสงแดด
    - เก็บเครื่องวัดความสูงเฟืองล็อกในที่ที่มีความชื้นต่ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก
    - เก็บเครื่องวัดความสูงเฟืองล็อกในที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง
    - อย่าวางเครื่องวัดความสูงเฟืองล็อกไว้บนพื้นโดยตรง
    - เก็บเครื่องวัดความสูงเฟืองล็อกไว้ในตู้ที่ปิดมิดชิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ (Sector Gear Dial Gage Manaul)

โครงสร้างของเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์



ชิ้นงานมาตรฐานที่ระบุขนาดเพื่อใช้ในการตั้งค่า 0 ของ Dial Gage

ขั้นตอนการใช้เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

1. ทำความสะอาดและวาง เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ลงบนโต๊ะที่มั่นคง
2. ประกอบชิ้นงานมาตรฐานเพื่อตั้งค่าหน้าปัดให้เท่ากับ 0

ดึงด้ามจับขึ้นแล้วใส่ชิ้นงานมาตรฐาน

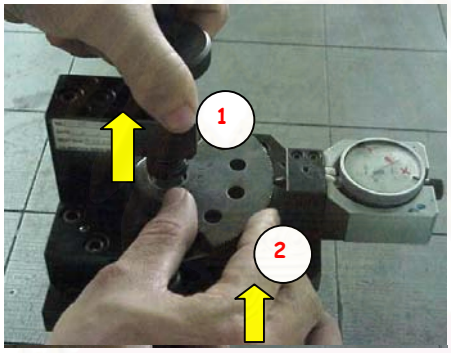
3. เลื่อนไดอัลเกจตลอดชิ้นงานมาตรฐาน

ปรับเลื่อนหน้าปัดให้ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0

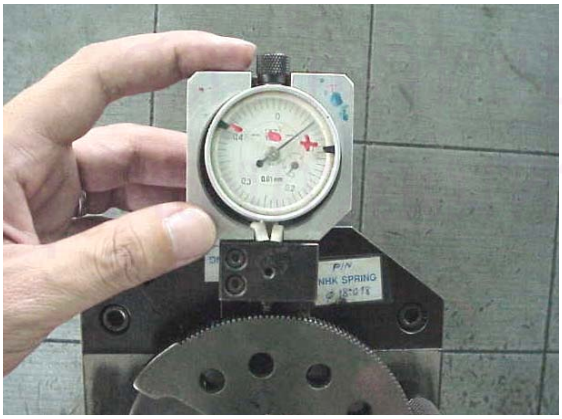
4. ประกอบ เฟืองเซ็กเตอร์ ลงบนเครื่องมือวัด

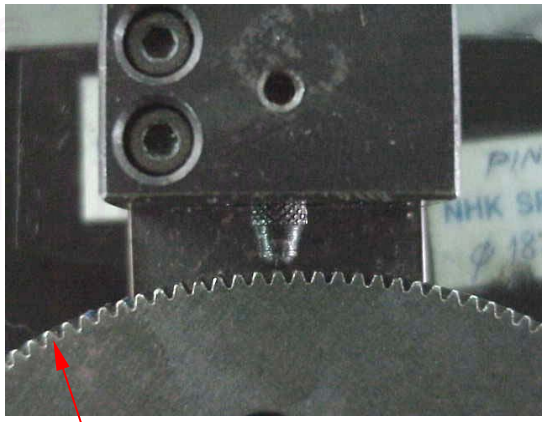
4.1 ดึงด้ามกดชิ้นงานขึ้นโดยให้ความสูงมากกว่าความหนาของชิ้นงาน

4.2 ใส่ชิ้นงานลงบนแท่นวาง แล้วปล่อยด้ามกดยึดชิ้นงานให้คงที่



5. ทำการวัดความสูงของเฟืองเซ็กเตอร์โดยทำการค่าเมื่อหัวกดสัมผัสกับสันเฟือง ดังรูป





สันเฟือง

6. ทำการอ่านค่าจากไดอัลเกจโดยเริ่มจาก
   - อ่านจำนวนรอบที่เข็มสั้นก่อน
   - อ่านค่าที่เข็มยาวชี้(เมื่อเข็มไม่ชี้ที่ขีดสเกลพอดีให้ทำการปัดเศษโดยใช้หลักถ้าเข็มชี้เลยกึ่งกลางช่องให้ปัดขึ้น ถ้าเข็มชี้ไม่ถึงกึ่งกลางช่องให้ทำการปัดเศษลง)

เข็มสั้นอ่านค่าได้น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 14 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 0.14 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าได้เท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 12 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 2.62 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าได้น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 50 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 0.50 มิลลิเมตร

เข็มสั้นอ่านค่าได้น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร
เข็มยาวอ่านค่าได้เท่ากับ 42 ช่อง
ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 0.42 มิลลิเมตร

ข้อควรปฏิบัติในการใช้เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์

1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. ระหว่างอย่าให้เครื่องวัดความสูงเฟืองล็อกได้รับแรงกระแทกโดยเฉพาะหน้าปัด

4. ควรใช้ Lift lever เพื่อยก Spindle เพื่อป้องกันหัวกดเสียหาย
5. ซ่อมแซมจุดสัมผัสที่สึกหรอ
6. เช็ดฝุ่นละอองออกจากส่วนที่เป็นหัวกดซึ่งเป็นสาเหตุทำให้หัวกดติดขัด
7. สิ่งที่ควรคำนึงเมื่อต้องการเก็บเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์
    - อย่าให้เครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ถูกแสงแดด
    - เก็บเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ในที่ที่มีความชื้นต่ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก
    - เก็บเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ในที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง
    - อย่าวางเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ไว้บนพื้นโดยตรง
    - เก็บเครื่องวัดความสูงเฟืองเซ็กเตอร์ไว้ในตู้ที่ปิดมิดชิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความแข็งยาง (Rubber Hardness Tester Manual)

โครงสร้างของเครื่องทดสอบความแข็งยาง

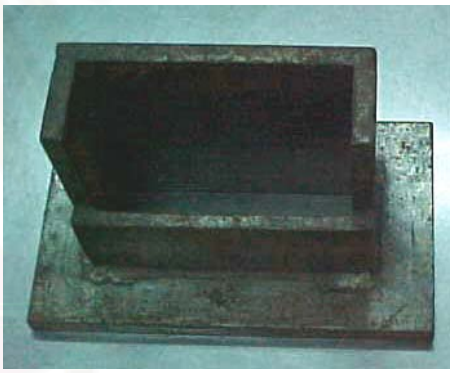
แท่นวางน้ำหนัก

หน้าปัด

ขาตั้ง

หัวกด

ตุ้มน้ำหนัก 1 กก.



แท่นวางเครื่องวัดความแข็งยาง

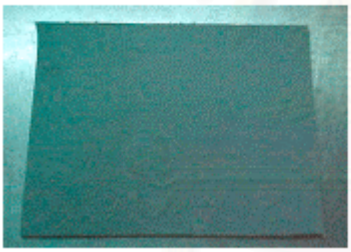
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

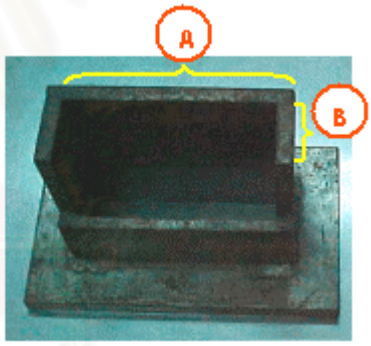
ขั้นตอนการใช้เครื่องทดสอบความแข็งยาง

1. ตรวจสอบสภาพของเครื่องวัดความแข็งก่อนใช้งาน โดยที่เครื่องจะต้องไม่มีส่วนใดชำรุดเสียหาย เช่น หน้าปัดไม่มีรอยแตก เข็มต้องชี้ที่ขีด 0 ถ้าไม่เป็นเช่นนั้นให้ดำเนินการแก้ไขก่อนนำไปใช้งาน

เข็มอ่านค่าได้เท่ากับ 0 ก่อนเริ่มใช้งาน

2. ตัดชิ้นงานที่ต้องการทำการวัดความแข็ง โดยใช้มีขนาดใหญ่กว่าส่วนฐานของแท่นวางเครื่องวัดความแข็งยาง



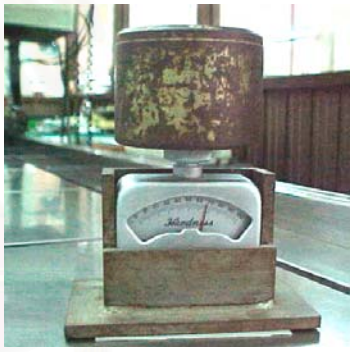


ความกว้างและความยาวของชิ้นงานที่จะทำการวัดความแข็งต้องมากกว่า ความยาว ในส่วน A และ B ดังแสดงในรูป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. วางแท่นวางเครื่องมือวัดบนชิ้นงานที่ต้องการทำการวัดค่าความแข็ง และประกอบตุ้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม(ขึ้นอยู่กับมาตรฐานการตรวจสอบ)กับเครื่องวัดความแข็งยาง

4. วางเครื่องวัดความแข็งลงในแท่นวางเครื่องมือวัด เมื่อทำการปล่อยมือให้เริ่มจับเวลา 10 วินาที (ขึ้นอยู่กับมาตรฐานการตรวจสอบ) แล้วอ่านค่าบนหน้าปัดของเครื่องวัดความแข็งยาง



การอ่านค่าของเครื่องทดสอบความแข็งยาง

เครื่องวัดความแข็งของยางจะมีหน่วยเป็น deg บนหน้าปัดจะช่องทั้งหมด 50 ช่อง อ่านค่าได้สูงสุด 100 deg ดังนั้นแต่ละช่องจะมีขนาดเท่ากับ 2 deg

เท่ากับ 54 deg.

เท่ากับ 36 deg.

เท่ากับ 42 deg.

เท่ากับ 22 deg.

เท่ากับ 58 deg

เท่ากับ 48 deg

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อควรปฏิบัติในการใช้เครื่องทดสอบความแข็งยาง

1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. ทำความสะอาดเครื่องทดสอบความแข็งยางก่อนใช้งาน
4. ระวังอย่าให้เครื่องทดสอบความแข็งยางได้รับแรงกระแทกโดยเฉพาะหน้าปัด และหัวกด
5. อย่าใช้ตุ่มน้ำหนักที่มีน้ำหนักมากเกินกว่ามาตรฐานกำหนด
6. หลังจากใช้งานแล้วใช้ผ้าเช็ดฝุ่นละอองและรอยนิ้วมือออกจากเครื่องทดสอบความแข็งยางด้วยผ้าแห้งเมื่อต้องการเก็บเครื่องทดสอบความแข็งยางเป็นเวลานานหรือ ควรใช้น้ำมันกันสนิทเช็ดทุกๆ ส่วน และให้น้ำมันแผ่กระจายทุกพื้นผิว
7. สิ่งที่ควรคำนึงเมื่อต้องการเก็บเครื่องทดสอบความแข็งยาง
   - อย่าให้เครื่องทดสอบความแข็งยางถูกแสงแดด
   - เก็บเครื่องทดสอบความแข็งยางในที่ที่มีความชื้นต่ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก
   - เก็บเครื่องทดสอบความแข็งยางในที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง
   - อย่าวางเครื่องทดสอบความแข็งยางไว้บนพื้นโดยตรง
   - เก็บเครื่องทดสอบความแข็งไว้ในกล่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

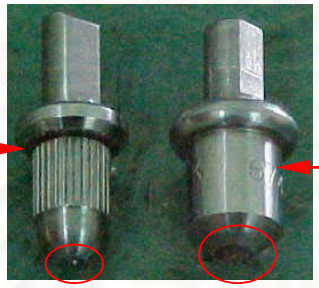
คู่มือการใช้เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness Tester Manaul)

วิธีการใช้เครื่องทดสอบความแข็ง

1. ทำความสะอาดและตรวจสอบสภาพก่อนใช้งานโดยดูว่าเครื่องทดสอบอยู่ในสภาพใช้งานได้หรือไม่ เช่น หน้าปัดไม่แตก หลอดไฟไม่ชำรุด ปรับระยะความสูงแท่นวางชิ้นงานโดยไม่ติดขัด หัวกดไม่มีรอยชำรุดเสียหาย ถ้าเครื่องไม่อยู่ในสภาพใช้งานได้ให้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขก่อนใช้งาน

ภาพแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องวัดความแข็ง

2. ถ้าเครื่องทดสอบอยู่ในสภาพปกติให้ทำการเสียบปลั๊กไฟเพื่อจ่ายไฟฟ้าแก่เครื่องแล้วทำการเปิดสวิทช์ไฟ
3. เลือกชนิดของหัวทดสอบให้เหมาะสมกับการทดสอบชิ้นงานแบ่งเป็น 2 ชนิด
   - หัว Ball ใช้ทดสอบชิ้นงานที่มีความแข็งไม่มาก เช่น พวกเหล็กเหนียว อลูมิเนียม เป็นต้น
   - หัว Diamond ใช้ทดสอบชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้วเช่น ชิ้นงาน Cam , Sector Gear , Lock Gear

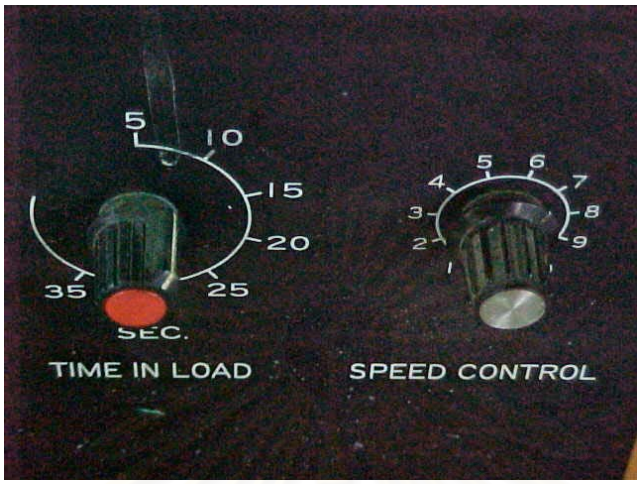


4. ปรับค่า Load ที่ใช้ในการกดซึ่งกำหนดตามชนิดของหัวทดสอบดังนี้

หัว Ball ใช้น้ำหนักเท่ากับ 100 Kg

หัว Diamond ใช้น้ำหนักเท่ากับ 150

5. ปรับเวลาเพื่อให้หัวกดค้างไว้ที่ชิ้นงาน ประมาณ 10 – 15 วินาที
6. เลือก Speed Control ที่ใช้ในการกดใช้ระดับ 7 ตามมาตรฐานการทดลอง



7. เลือกแท่นวางชิ้นงานทดสอบให้เหมาะสมกับลักษณะชิ้นงาน

ชิ้นงานที่มีผิวด้านล่างได้ระนาบ
(ชิ้นงานขนาดเล็ก)

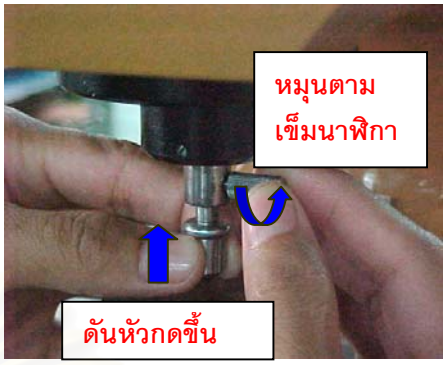
ชิ้นงานที่มีผิวด้านล่างได้ระนาบ
(ชิ้นงานขนาดปานกลาง)

ชิ้นงานรูปทรงกระบอก
(ขนาดเล็ก)

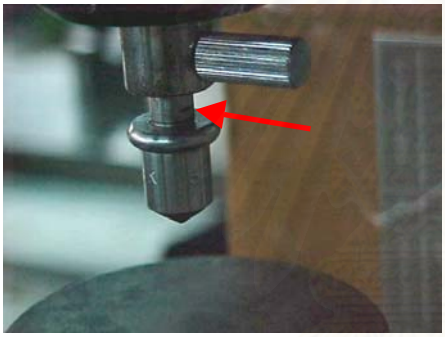
ชิ้นงานรูปทรงกระบอก
(ขนาดใหญ่)

8. วางแทนวางชิ้นงานลงบนเครื่องทดสอบพร้อมทั้งประกอบหัวกด

เครื่องทดสอบอยู่ในสภาพพร้อมประกอบหัวกด



ประกอบหัวกดและแท่นวางชิ้นทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบ

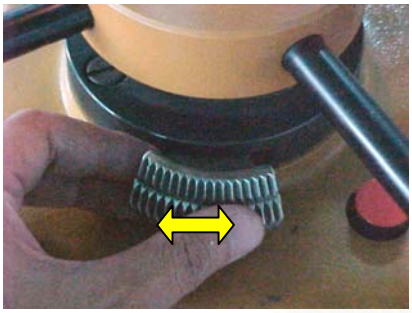


ตำแหน่งด้านเรียบของแกนหัวกดอยู่ในตำแหน่งเดียวกับสกรู

เมื่อประกอบหัวกดเสร็จพร้อมใช้งาน

9. นำชิ้นงานวางลงตำแหน่งทดสอบ โดยการวางจะต้องวางในตำแหน่งที่ใช้ทดสอบ ตั้งฉากกับพื้นทดสอบ
10. หมุนชิ้นงานให้ไปสัมผัสกับหัวกดโดยหมุนไปจนเข็มสั้นบนหน้าปัดชี้ไปที่จุดกึ่งกลางของจุดสีแดง

11. เมื่อเข็มสั้นชี้ที่จุดแดงแล้ว ทำการปรับค่า สเกลบนหน้าปัดให้เข็มยาวชี้ค่า 0
12. กดปุ่มแดงบริเวณแท่นเครื่องทดสอบ



ภาพแสดงการปรับตั้งค่าหน้าปัดให้เข็มชี้ที่ขีด 0

13. รอให้เครื่องทดสอบความแข็งทำงานจน ไฟสีแดงที่ปุ่มจะดับลงจึงทำการอ่านค่าบนหน้าปัด

จังหวะที่ 1 **จังหวะที่ 2**

14. เมื่อทดสอบความแข้งของชิ้นงานแล้วได้ ค่า HR_C หรือ HR_B แล้วถ้าค่าที่ได้มีค่าตาม Drawing แล้วตัดสิน OK แต่ถ้าไม่ตรงตาม Drawing แล้วตัดสินว่า NG

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การอ่านค่าของเครื่องทดสอบความแข็ง

เครื่องทดสอบความแข็งแบ่งสเกลออกเป็น 2 ส่วน คือ ร็อกเวลสเกล B(HR_B) มีขีดสเกลสีแดง และ ร็อกเวลสเกล C (HR_C) มีขีดสเกลสีดำ ทั้ง 2 สเกลมีจำนวนช่องเท่ากับ 200 ช่อง โดย 1 ช่อง เท่ากับ 0.5 หน่วยความแข็ง

เท่ากับ 48.5 HR_C

เท่ากับ 78.5 HR_B

ข้อควรปฏิบัติในการใช้เครื่องทดสอบความแข็ง

1. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือจากแผนภูมิควบคุมประจำเครื่อง ถ้าเครื่องมือวัดขาดความมีเสถียรภาพให้ทำการติดสติกเกอร์ห้ามนำไปใช้งานจนกว่าจะดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้น
2. ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานต้องตรวจสอบย่านวัดของเครื่องมือวัดจากสติกเกอร์ที่ติดบนเครื่องมือดังกล่าว โดยห้ามนำเครื่องมือวัดนั้นไปใช้งานในย่านที่ไม่ได้ถูกระบุ
3. ตรวจสอบอุปกรณ์ของเครื่องทดสอบความแข็งให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เช่น สายไฟ สวิทซ์ หลอดไฟ เป็นต้น
4. ระวังอย่าให้เครื่องทดสอบความแข็งได้รับแรงกระแทกโดยเฉพาะหน้าปัดและเกลียวแท่นรองชิ้นงาน
5. ใช้น้ำมันกันสนิมเช็ดทุก ๆ ส่วน (ยกเว้น หน้าปัด และ ส่วนที่ทาสี)
6. สิ่งที่ควรคำนึงเมื่อต้องการเก็บเครื่องทดสอบความแข็ง
   - อย่าติดตั้งเครื่องทดสอบความแข็งถูกแสงแดด
   - เก็บเครื่องทดสอบความแข็งในที่ที่มีความชื้นต่ำ และอากาศถ่ายเทได้สะดวก
   - เก็บเครื่องทดสอบความแข็งในที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง
   - ใช้ผ้าพลาสติกคุมเครื่องเมื่อเลิกใช้งาน

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

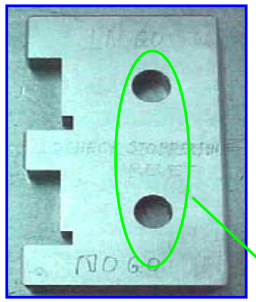
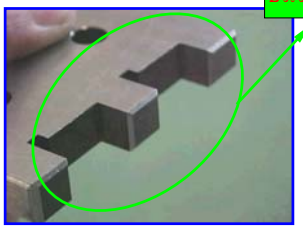
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	RIVET	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
1	 RIVET บริเวณที่ตรวจสอบ 	การตรวจสอบขนาด และรูปร่างชิ้นงาน	
		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 ตรวจสอบ PART NAMEและ PART NUMBER ของ GAGE ให้ถูกต้อง	1.1 PART NAME = RIVET PART NUMBER = NT 577-10104
		ก่อนใช้งานทุกครั้ง	
		1.2 ทำความสะอาดตรวจสอบส่วนที่ใช้ในการวัด	1.2 บริเวณปากของ GAGE ต้องไม่มีรอยบิ่น หรือ รอยเยิน
		1.3 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.3 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้คือได้ผ่านการสอบเทียบ
			ตามวันเวลาที่ระบุบนCHECKING FIXTURE
			NOTE
			- ถ้า CHECKING FIXTURE ยังไม่ได้การสอบเทียบในช่วงเวลาที่กำหนดห้ามนำ
			CHECKING FIXTURE ไปใช้งาน

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…

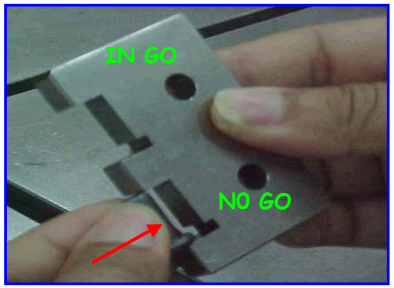
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	RIVET	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
2		การตรวจสอบขนาดความยาวของ RIVET 2. ใส่ RIVET ลงบน GAGE ช่อง IN GO เพื่อทำการตรวจสอบ	2. RIVET จะต้องสามารถใส่ลงใน GAGE ได้ NOTE - ถ้าชิ้นงานไม่สามารถใส่ลง GAGE ได้ในช่อง IN GO ถือว่าเป็นชิ้นงาน "NG"
3		3. ใส่ RIVET ลงบน GAGE ช่อง NO GO เพื่อทำการตรวจสอบ	3. RIVET จะต้องไม่สามารถใส่ลงใน GAGE ได้ NOTE - ถ้าชิ้นงานสามารถใส่ลง GAGE ได้ในช่อง N0 GO ถือว่าเป็นชิ้นงาน "NG"

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

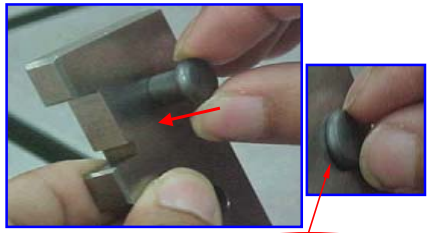
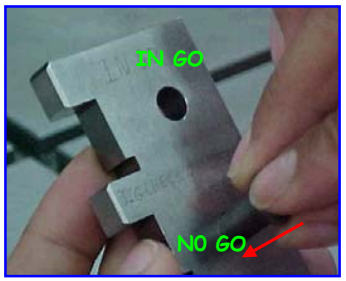
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	RIVET	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

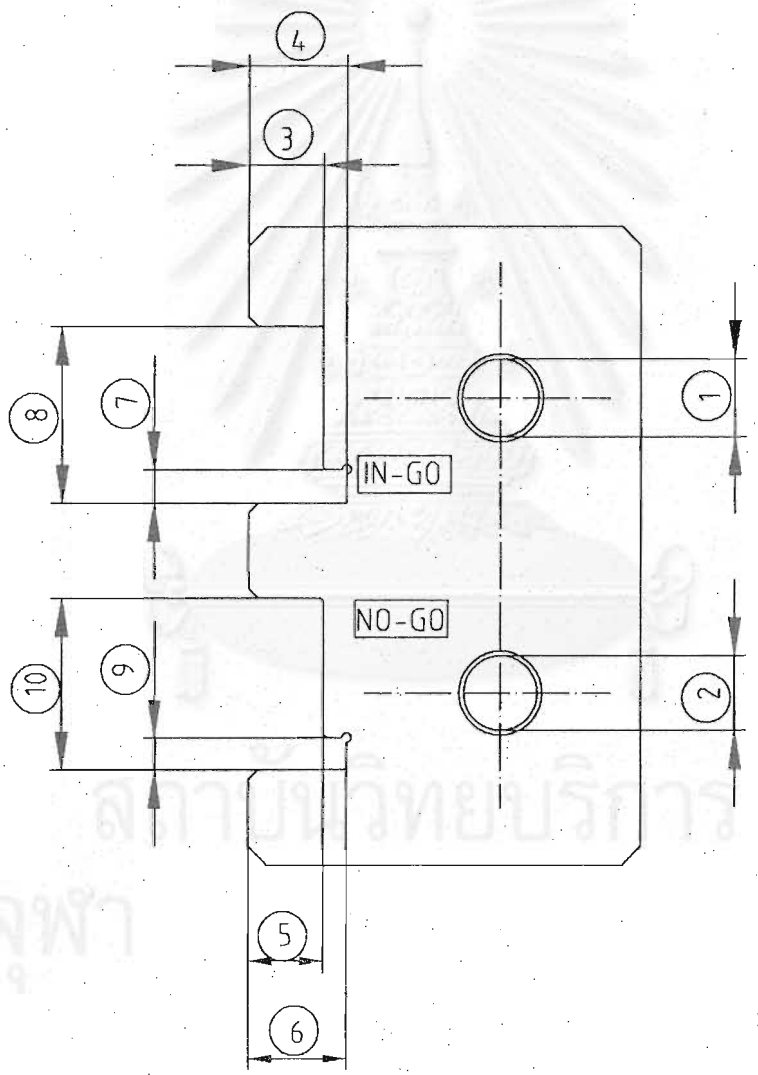
หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
		การตรวจสอบขนาดของ DIAMETER	
4		4. ใส่ RIVET ลงบน GAGE ช่อง IN GO เพื่อทำการตรวจสอบ	4. RIVET จะต้องสามารถใส่ลงใน GAGE ได้จนสุดความยาวของ RIVET NOTE - ถ้าชิ้นงานไม่สามารถใส่ลง GAGE ได้ในช่อง IN GO ถือว่าเป็นชิ้นงาน "NG"
5		5. ใส่ RIVET ลงบน GAGE ช่อง NO GO เพื่อทำการตรวจสอบ	5. RIVET จะต้องไม่สามารถใส่ลงใน GAGE ได้ NOTE - ถ้าชิ้นงานสามารถใส่ลง GAGE ได้ในช่อง N0 GO ถือว่าเป็นชิ้นงาน "NG"

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	T-088W-052	PART NAME : RIVET	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NT577-10104	MODEL : J97	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD						
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ RIVET	วันที่	หน้า 2/2
เลขโค้ด T-088W-052	บันทึกโดย	แผนก ประกันคุณภาพ

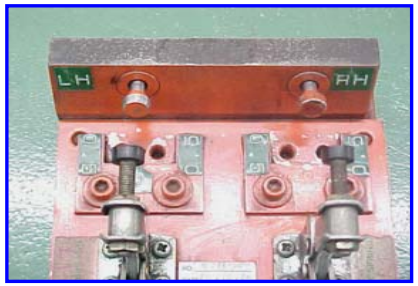
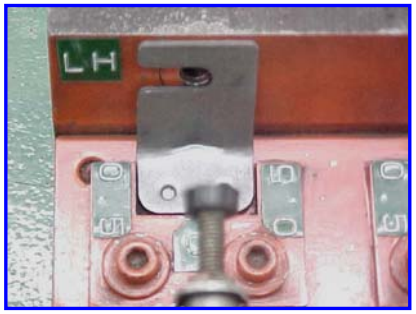
ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							หมายเหตุ
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	
1	$\varnothing 8.22^{+0.01}_{-0}$							
2	$\varnothing 7.90^{+0.01}_{-0}$							
3	8.00 ± 0.02							
4	10.5 ± 0.02							
5	8.00 ± 0.02							
6	10.5 ± 0.02							
7	$3.52^{+0}_{-0.01}$							
8	$18.52^{+0.02}_{-0}$							
9	$3.30^{+0}_{-0.02}$							
10	$18.00^{+0}_{-0.02}$							

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	BRACKET SUPPORT CABLE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
		การตรวจสอบ ตำแหน่งรู และรูปร่างชิ้นงาน	
1		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 วาง CHECKING FIXTURE บนโต๊ะที่ใช้ตรวจสอบ	1.1 โต๊ะต้องมีพื้นผิวเรียบและมีความสูงที่เหมาะสม
		1.2 ทำความสะอาด CHECKING FIXTURE ทุกครั้งก่อนทำการตรวจสอบ	1.2 ต้องไม่มีเศษโลหะหรือ เศษวัสดุอื่นอยู่บน CHECK FIXTURE
		1.3 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.3 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถ ใช้งานได้คือได้ผ่านการสอบเทียบ
			ตามวันเวลา ที่ระบุบนCHECKING FIXTURE
2			NOTE
			- ถ้า CHECKING FIXTURE ยังไม่ได้การสอบเทียบในช่วงเวลาที่กำหนดห้ามนำ
			CHECKING FIXTURE ไปใช้งาน
		2. ประกอบชิ้นงานลงบน CHECKING FIXTURE เพื่อทำการตรวจสอบ	2. ชิ้นงานจะต้องวางลงบน CHECKING FIXTURE พอดีโดยไม่มีความผิดหรือใช้แรงใน
			การประกอบมาก

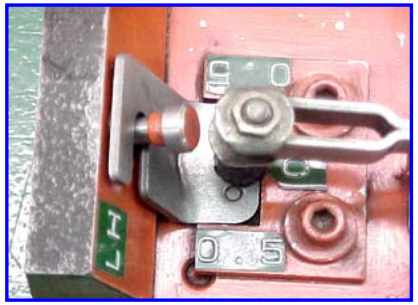
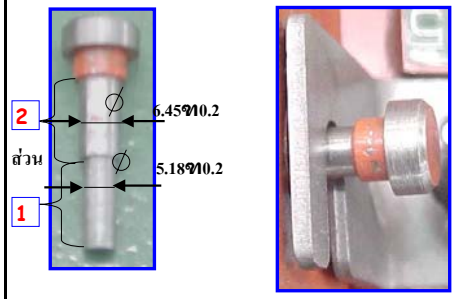
REVISION RECORD					
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…	
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…	
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…	

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	SUPPORT BRACKET " E "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	BRACKET SUPPORT CABLE	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
3		3. ทำการ CLAMP ชิ้นงานกับ CHECKING FIXTURE	
4		4. ใส่ PIN ในตำแหน่งดังรูป	4. ใส่ PIN จนสุดส่วนที่ 2 ของ PIN โดยไม่มีความฝืดหรือฝืนธรรมชาติ

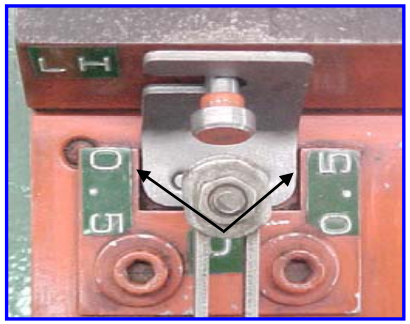
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../.....	APPROVE : .....DATE...../...../.....
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../.....	APPROVE : .....DATE...../...../.....
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../.....	APPROVE : .....DATE...../...../.....

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

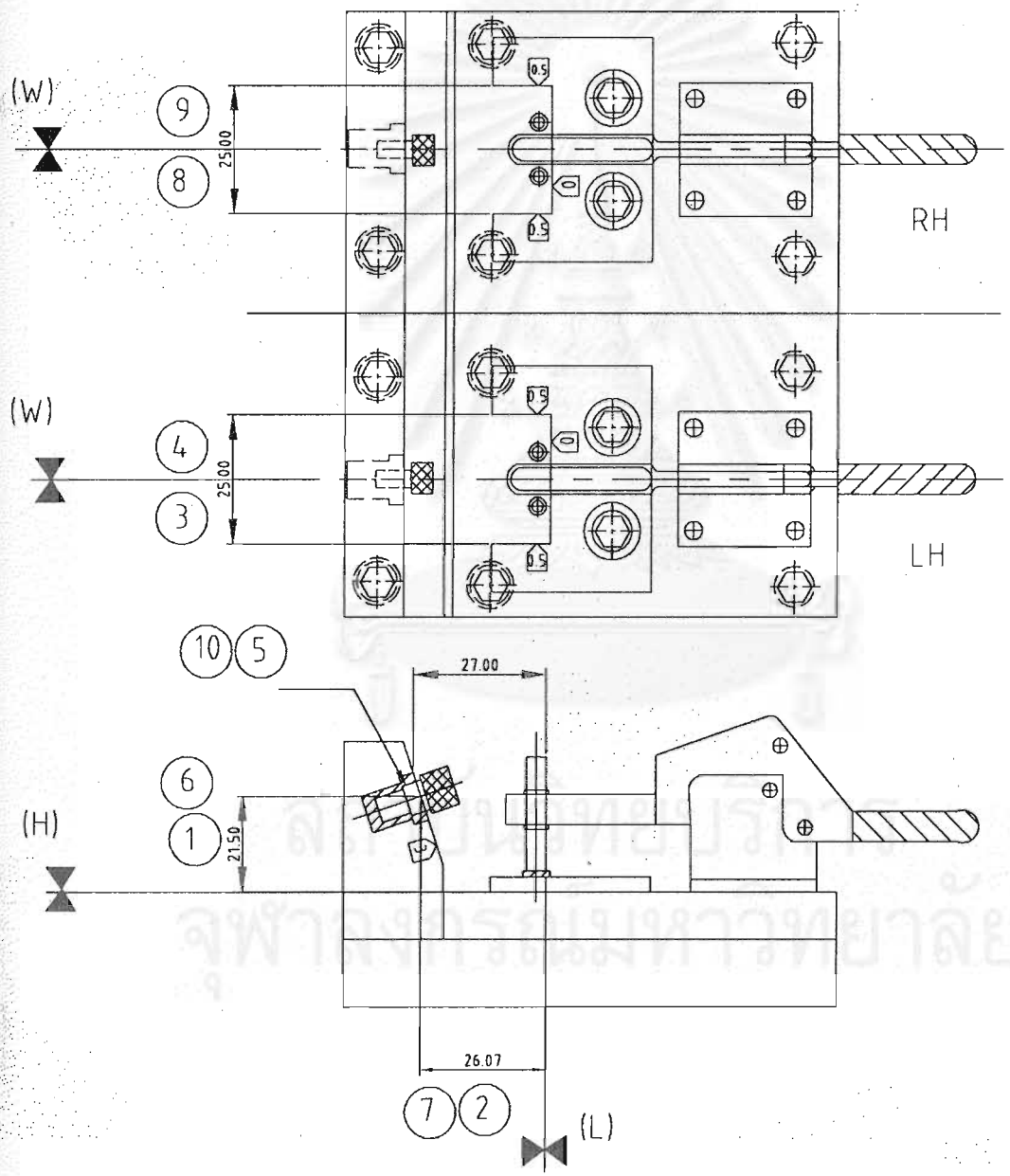
PART NAME	**BRACKET SUPPORT CABLE**	**MODEL**	**J 97**	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
5		**5 .ตรวจสอบขนาดของชิ้นงานโดยตรวจสอบจากระยะห่างระหว่างชิ้นงาน กับ CHECKING FIXTURE**	**5. ชิ้นงาน ณ บริเวณตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบดังรูป จะต้องไม่มีระยะห่างจาก CHECKING FIXTURE เกินค่ามาตรฐาน** **NOTE** **- ระยะห่างจาก CHECKING FIXTURE < 0.5 mm.**
6		**6. ตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน**	**6 . ชิ้นงานต้องมีลักษณะรูปร่างโค้งตามรูปร่างของ CHECKING FIXTURE**

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	G-J97-007	PART NAME : BRACKET SUPPORT CABLE R/L	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NI 525-27252/NMF005-10153	MODEL : J97	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD						
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ BRKT SUPPORT CABLE R/L	วันที่	หน้า 2/2
เลขโค้ด N1595-27252 / NMF005-10153	บันทึกโดย	แผนก ประกันคุณภาพ

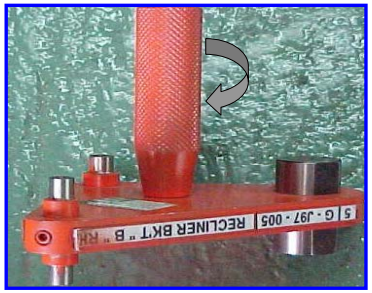
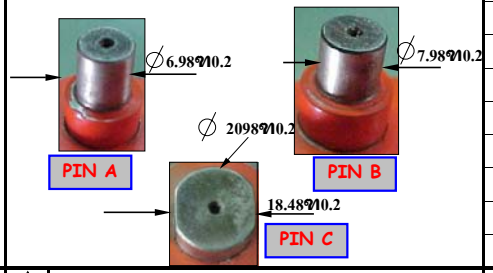
ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							หมายเหตุ
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	
	LH							
1	20.28 ± 0.2							
2	26.07 ± 0.7							
3	$12.5\ ^{+0.2}_{-0}$							
3	$12.5\ ^{+0.2}_{-0}$							
5	PIN=$\varnothing 5.18 \pm 0.2$							
	RH							
6	20.28 ± 0.2							
7	26.07 ± 0.7							
8	$12.5\ ^{+0.2}_{-0}$							
9	$12.5\ ^{+0.2}_{-0}$							
10	PIN=$\varnothing 5.18 \pm 0.2$							

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	RECLINER BRACKET " B "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
1		การตรวจสอบ ตำแหน่งรู และรูปร่างชิ้นงาน	
		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 วาง CHECKING FIXGURE บนโต๊ะที่ใช้ตรวจสอบ	1.1 โต๊ะต้องมีพื้นผิวเรียบและมีความสูงที่เหมาะสม
		1.2 ทำความสะอาด CHECKING FIXURE ทุกครั้งก่อนทำการตรวจสอบ	1.2 ต้องไม่มีเศษโลหะหรือ เศษวัสดุอื่นอยู่บน CHECKING FIXTURE
		1.3 ตรวจสอบอุปกรณ์ด้ามจับอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน	1.3 ด้ามจับจะต้องยึดแน่นกับฐานโดยหมุนเกลียวตามเข็มนาฬิกา แสดงดังรูป
		1.4 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.4 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้คือได้ผ่านการสอบเทียบ ตามวันเวลาที่ระบุบนCHECKING FIXTURE
			NOTE - ถ้า CHECKING FIXTURE ยังไม่ได้การสอบเทียบในช่วงเวลาที่กำหนดห้ามนำ CHECKING FIXTURE ไปใช้งาน

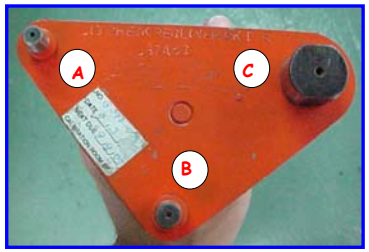
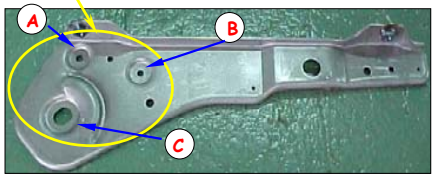
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../.....	APPROVE : .....DATE...../...../.....
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../.....	APPROVE : .....DATE...../...../.....
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../.....	APPROVE : .....DATE...../...../.....

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	RECLINER BRACKET " B "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
2		2. ตรวจสอบความสมบรูณ์ของ PIN ทั้ง 3 PIN	2. PIN ทั้ง 3 จะต้องไม่มีรอยชำรุด เช่น แตก บิ่นหรือรอยเยิน
3	บริเวณตรวจสอบ 	3. ตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้สายตาบริเวณที่ทำเครื่องหมาย	3. บริเวณที่ทำเครื่องหมายบนชิ้นงานจะต้องไม่มีครีบ หรือรอยบิ่น NOTE - ถ้าชิ้นงานมี ครีบ หรือ รอยบิ่นให้ทำการดำเนินการแก้ไขก่อนนำชิ้นงานไปตรวจสอบด้วย CHECKING FIXTURE

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

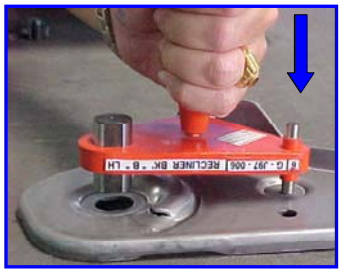
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	RECLINER BRACKET " B "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
4		4. วาง Checking Fixture ลงบนชิ้นงาน	4. วางแนวตั้งฉากกับชิ้นงานโดยให้ตำแหน่งของPIN ตรงกับ รูที่ต้องการตรวจสอบ
5		5. ใส่ PIN ลงรูบนชิ้นงานให้พร้อมกันทั้ง 3 รู	5. ใส่ PIN ให้สุดความยาวจนชิ้นงานแนบกับฐานของ PIN ดังรูป

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

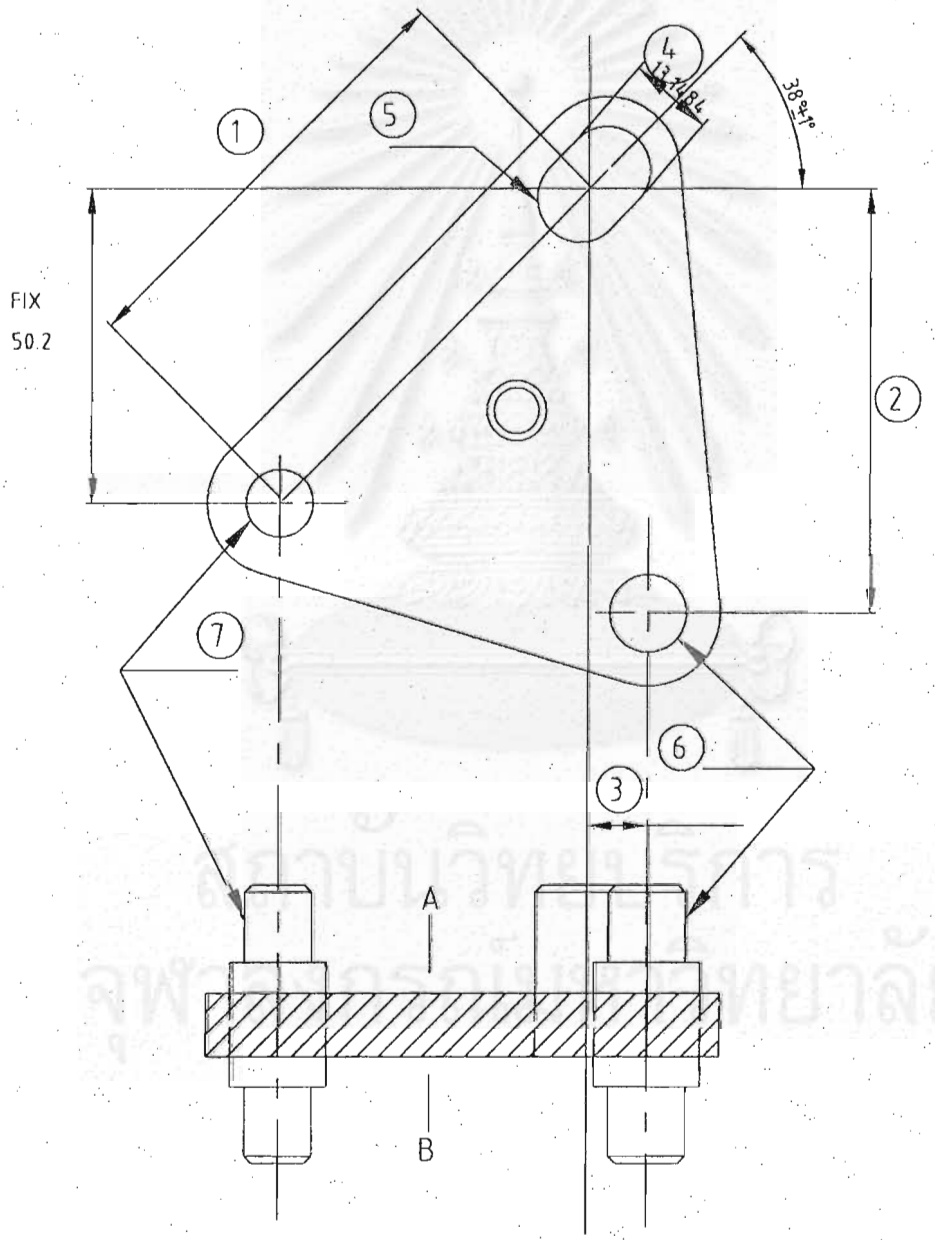
PART NAME	RECLINER BRACKET " B "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
		ภาพแสดงลักษณะการวางและความลึกในการตรวจสอบ RECLINER BRACKET "B"	

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	G-J97-005(R) G-J97-006(L)	PART NAME : RECLINER BRACKET "B"	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NMF 003-10152/NMF003-20152	MODEL : J97	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD						
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ	RECLINER BRACKET "B" R/L	วันที่	หน้า	2/2
เลขโค้ด	NMF003-10152 / NMF003-20152	บันทึกโดย	แผนก	ประกันคุณภาพ

ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							หมายเหตุ
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	
1	96 ± 0.1							
2	67 ± 0.1							
3	10 ± 0.1							
4	18.48± 0.1							
5	PIN=∅20.98 ± 0.2							
6	PIN=∅7.98 ± 0.2							
7	PIN=∅6.98 ± 0.2							

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	LOCK PLATE " E "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย / CHECKING	พนักงานตรวจสอบ / INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
1		การตรวจสอบขนาด และรูปร่างชิ้นงาน	
		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 วาง CHECKING FIXGURE บนโต๊ะที่ใช้ตรวจสอบ	1.1 โต๊ะต้องมีพื้นผิวเรียบและมีความสูงที่เหมาะสม
		1.2 ทำความสะอาด CHECKING FIXURE ทุกครั้งก่อนทำการตรวจสอบ	1.2 ต้องไม่มีเศษโลหะหรือ เศษวัสดุอื่นอยู่บน CHECK FIXTURE
			ณ บริเวณ ZONE "A" ขณะทำการตรวจสอบ
		1.3 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.3 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้คือได้ผ่านการสอบเทียบ
			ตามวันเวลาที่ระบุบนCHECKING FIXTURE
			NOTE
			- ถ้า CHECKING FIXTURE ยังไม่ได้การสอบเทียบในช่วงเวลา
			CHECKING FIXTURE ไปใช้งานที่กำหนดห้ามนำ
		1.4 ตรวจสอบลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ CLAMP , SCREW	1.4 CLAMP ต้องไม่ชำรุด หลุด หรือ หลอมและอยู่ในสภาพที่
			พร้อมจะทำการตรวจสอบชิ้นงานได้
			NOTE
			- SCREW จะต้องยึดแน่น ไม่หลอม

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…

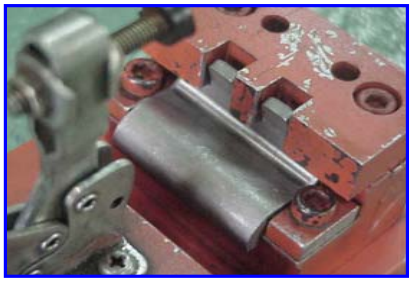
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	LOCK PLATE " E "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
2		2. ประกอบชิ้นงานลงบน CHECKING FIXTURE เพื่อทำการตรวจสอบ	2. ชิ้นงานจะต้องวางลงบน CHECKING FIXURE พอดี NOTE - ถ้าชิ้นงานไม่สามารถใส่ลง GAGE ได้ ถือว่าเป็นชิ้นงาน "NG"
3		3. กด CLAMP เพื่อ LOCK ตำแหน่งชิ้นงานในการตรวจสอบ	3. ชิ้นงานจะต้องถูกกดด้วย CLAMP ดังรูป

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

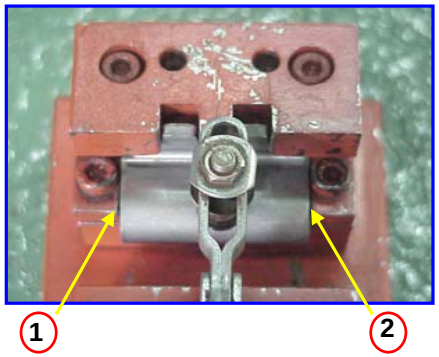
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

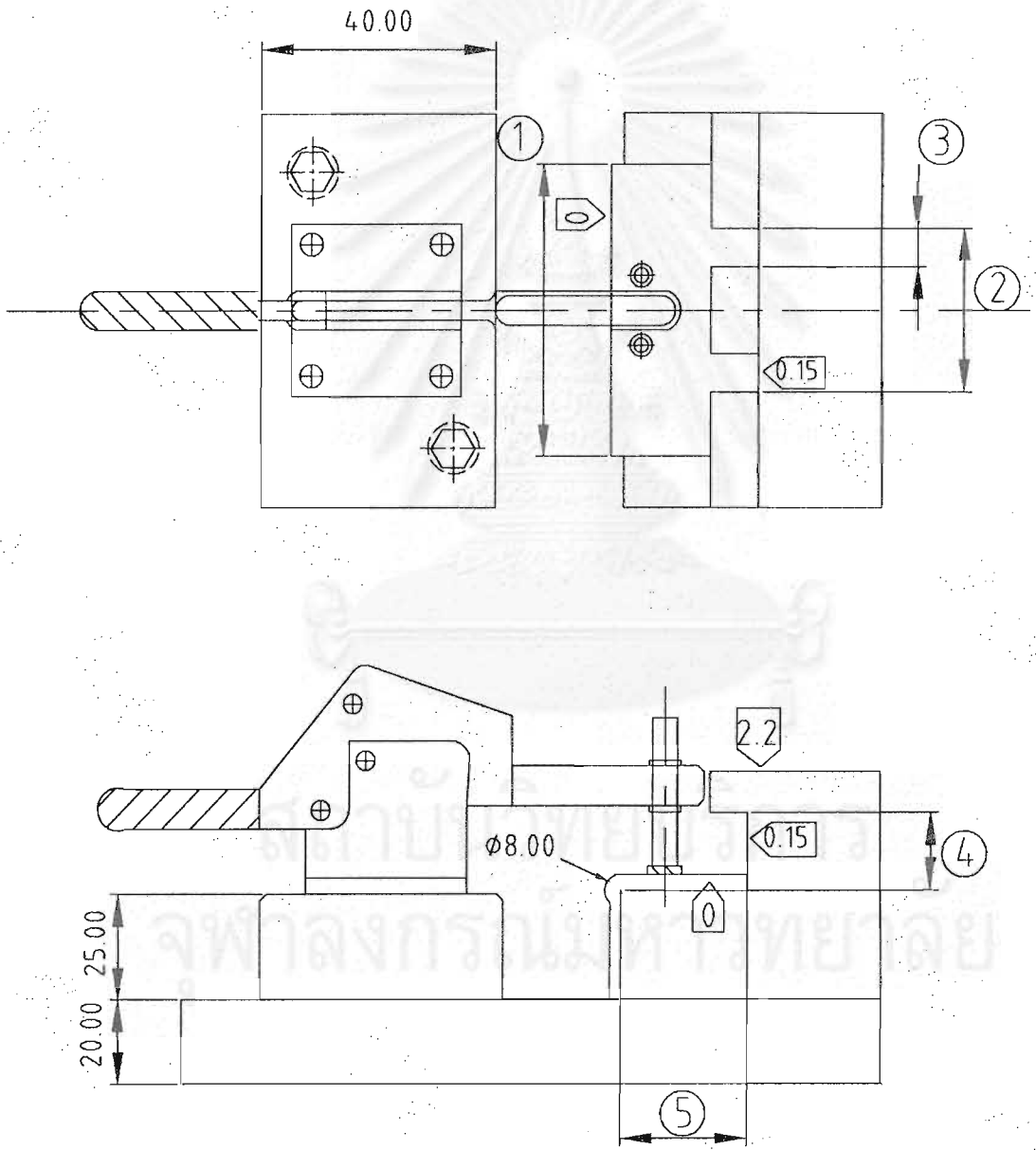
PART NAME	LOCK PLATE " E "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
4		4. ตรวจสอบลักษณะชิ้นงานที่ประกอบลงบน CHECKING FIXTURE	4. ชิ้นงานต้องประกอบลงบน CHECKING FIXURE ได้ดังรูป และชิ้นงานต้องแนบสนิท กับ ณ ตำแหน่ง 1 และ 2

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	G-J97-010	PART NAME : LOCK PLATE E	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NMF005-1752	MODEL : J97	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD						
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ LOCK PLATE E	วันที่	หน้า 2/2
เลขโค้ด NMF005-17152	บันทึกโดย	แผนก ประกันคุณภาพ

ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	หมายเหตุ
1	$41.0^{+0}_{-0.1}$							
2	$23.0^{+0}_{-0.2}$							
3	$6.75^{+0.2}_{-0}$							
4	$13.10^{+0.2}_{-0}$							
5	$14.85^{+0.2}_{-0}$							

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	FRONT BACKET OUTER	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
1		การตรวจสอบ ตำแหน่งรู และรูปร่างชิ้นงาน	
		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 วาง CHECKING FIXTURE บนโต๊ะที่ใช้ตรวจสอบ	1.1 โต๊ะต้องมีพื้นผิวเรียบและมีความสูงที่เหมาะสม
		1.2 ทำความสะอาด CHECKING FIXTURE ทุกครั้งก่อนทำการตรวจสอบ	1.2 ต้องไม่มีเศษโลหะหรือ เศษวัสดุอื่นอยู่บน CHECK FIXTURE
		1.3 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.3 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้คือได้ผ่านการสอบเทียบ
			ตามวันเวลาที่ระบุบนCHECKING FIXTURE
2			NOTE
			- ถ้า CHECKING FIXTURE ยังไม่ได้การสอบเทียบในช่วงเวลาที่กำหนดห้ามนำ
			CHECKING FIXTURE ไปใช้งาน
		2. ประกอบชิ้นงานลงบน CHECKING FIXTURE เพื่อทำการ	2. ชิ้นงานจะต้องวางลงบน CHECKING FIXURE พอดี
		ตรวจสอบ	
			NOTE
			- ถ้าชิ้นงานไม่สามารถวางลงบน CHECKING FIXTURE ได้ ถือว่าเป็นชิ้นงาน " NG "

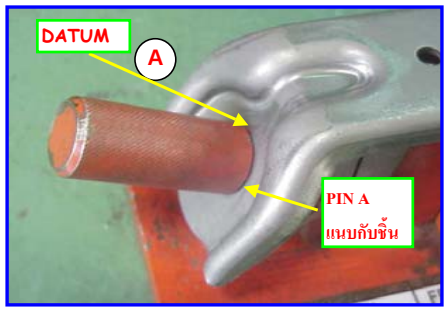
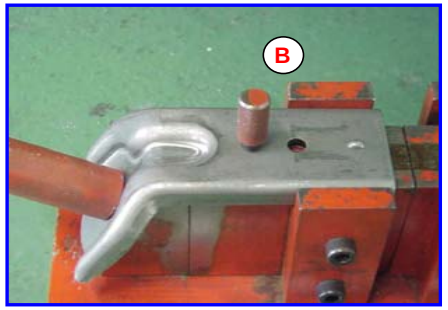
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	FRONT BACKET OUTER	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
3		3. ใส่ PIN A เพื่อกำหนด DATUM	3. หมุน PIN A ให้สุดเกลียวจน PIN แนบสนิทกับชิ้นงานโดยไม่มีความฝืด
4		4. ใส่ Pin B เพื่อตรวจสอบตำแหน่งรูเจาะ	4. Pin สามารถใส่ลงในตำแหน่งดังกล่าวได้โดยไม่ต้องคลาย Pin A NOTE - ถ้าไม่สามารถใส่ Pin B ถือว่าเป็นชิ้นงาน " NG "

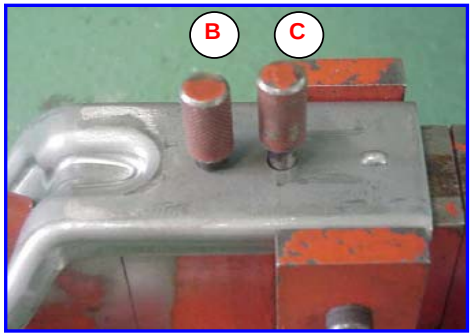
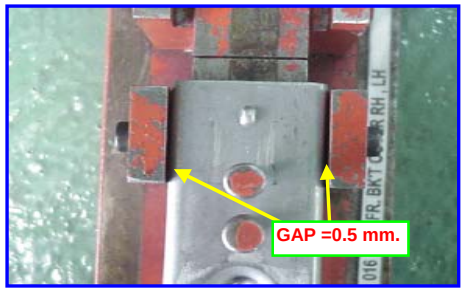
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	FRONT BACKET OUTER	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
5		5. ใส่ Pin C เพื่อตรวจสอบตำแหน่งรูเจาะ	5. Pin สามารถใส่ลงในตำแหน่งดังกล่าวได้โดยไม่ต้องคลาย Pin A หรือ Pin B NOTE - ถ้าไม่สามารถใส่ Pin B ถือว่าเป็นชิ้นงาน " NG "
6		6. ตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน	6. ชิ้นงาน ณ บริเวณตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบดังรูป จะต้องไม่มีระยะห่างจาก CHECKING FIXTURE มากเกินไป NOTE - ระยะห่างจาก CHECKING FIXTURE < 0.5 mm.

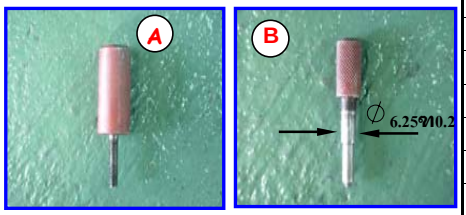
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

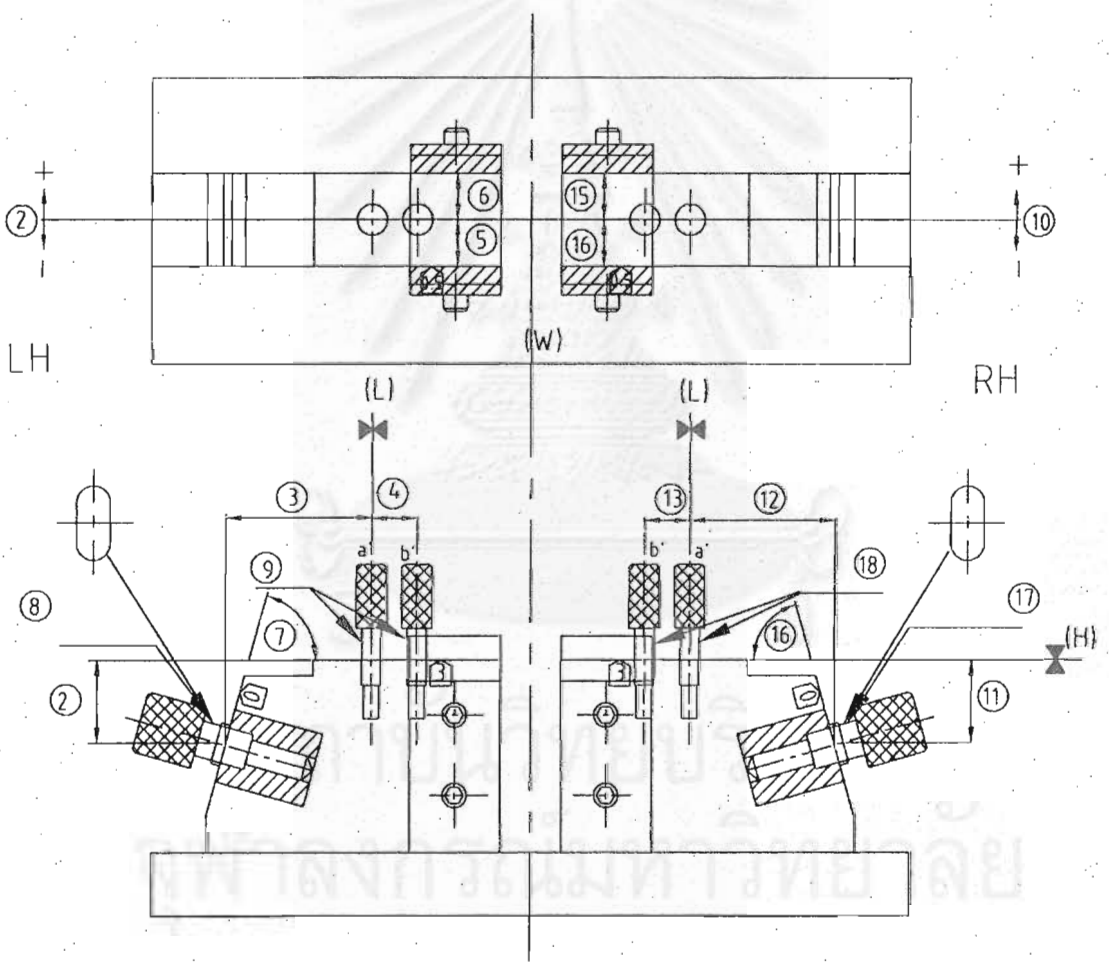
PART NAME	FRONT BACKET OUTER	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
7		7. ตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน	7 . ชิ้นงานต้องมีลักษณะรูปร่างโค้งตามรูปร่างของ CHECKING FIXTURE
8		ภาพแสดง รูปร่างของ PIN ที่ใช้ในการตรวจสอบ	

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	G-J97-016	PART NAME : FR BRK'T OUTER R/L	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NMF001-17257 RH / NMF001-27257 L	MODEL : J 97	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD						
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ FRONT BRACKET OUTER R/L	วันที่	หน้า 2/2
เลขโค้ด NMF001-17257	บันทึกโดย	แผนก ประกันคุณภาพ

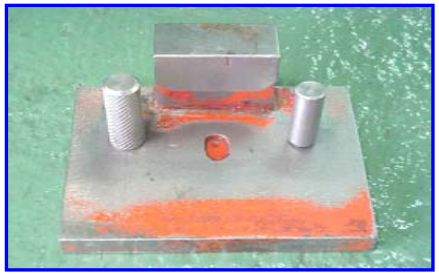
ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							หมายเหตุ
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	
1	0 ± 0.2							
2	26.9 ± 0.2							
3	43.2 ± 0.2							
4	15 ± 0.1							
5	$20.5^{+0.2}_{-0}$							
6	0 ± 0.2							
7	$60^{\circ} \pm 0.5$							
8	PIN ± 0.2 ± 0.2 13.45 x 10.95							
9	a' PIN=6.25±0.2 b' PIN=6.25±0.2							
10	0 ± 0.2							
11	26.9 ± 0.2							
12	43.2 ± 0.2							
13	15 ± 0.1							
14	$20.5^{+0.2}_{-0}$							
15	$20.5^{+0.2}_{0}$							
16	$60^{\circ} \pm 0.5$							
17	PIN ± 0.2 ± 0.2 13.30 x 16.10							
18	a' PIN=6.25±0.2 b' PIN=6.25±0.2							

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	SUPPORT BACKET " E "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
		การตรวจสอบ ตำแหน่งรู และรูปร่างชิ้นงาน	
1		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 วาง CHECKING FIXTURE บนโต๊ะที่ใช้ตรวจสอบ	1.1 โต๊ะต้องมีพื้นผิวเรียบและมีความสูงที่เหมาะสม
		1.2 ทำความสะอาด CHECKING FIXTURE ทุกครั้งก่อนทำการตรวจสอบ	1.2 ต้องไม่มีเศษโลหะหรือ เศษวัสดุอื่นอยู่บน CHECK FIXTURE
		1.3 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.3 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้คือได้ผ่านการสอบเทียบ
			ตามวันเวลาที่ระบุบน CHECKING FIXTURE
2			NOTE
			- ถ้า CHECKING FIXTURE ยังไม่ได้การสอบเทียบในช่วงเวลาที่กำหนดห้ามนำ
			CHECKING FIXTURE ไปใช้งาน
		2. ประกอบชิ้นงานลงบน CHECKING FIXTURE เพื่อทำการตรวจสอบ	2. ชิ้นงานจะต้องวางลงบน CHECKING FIXURE พอดี
			- ถ้าชิ้นงานไม่สามารถวางลงบน CHECKING FIXTURE ได้ถือว่าเป็นชิ้นงาน " NG "

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…

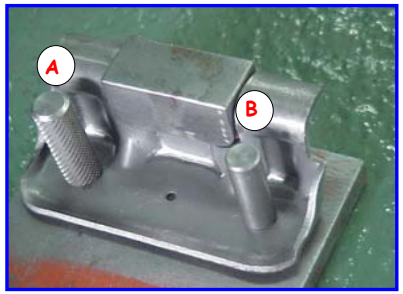
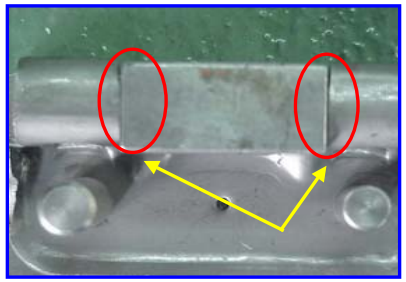
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	SUPPORT BACKET " E"	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
3		3. ใส่ PIN A และ B โดยการหมุนเกลียว เพื่อตรวจสอบระยะของรูเจาะ	3. เกลียวจะต้องถูกหมุนลงจนสุดโดยไม่มีความฝืด
4		4. ตรวจสอบขนาดชิ้นงาน โดยสังเกตตำแหน่งที่ระบุ	4. ชิ้นงานจะต้องแนบกลับ CHECKING FIXGURE ทั้ง 2 ตำแหน่งดังแสดงในรูป

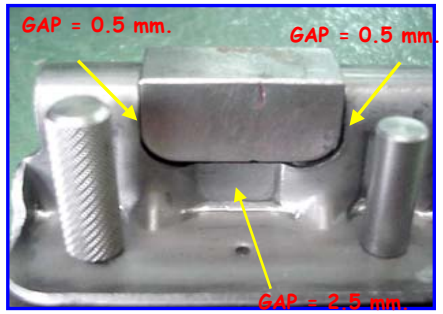
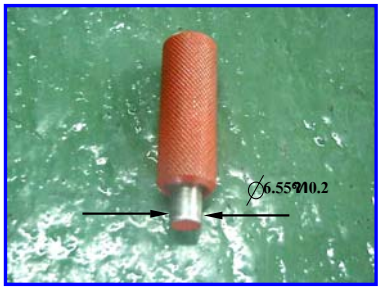
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	**SUPPORT BACKET " E"**	**MODEL**	**J 97**	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

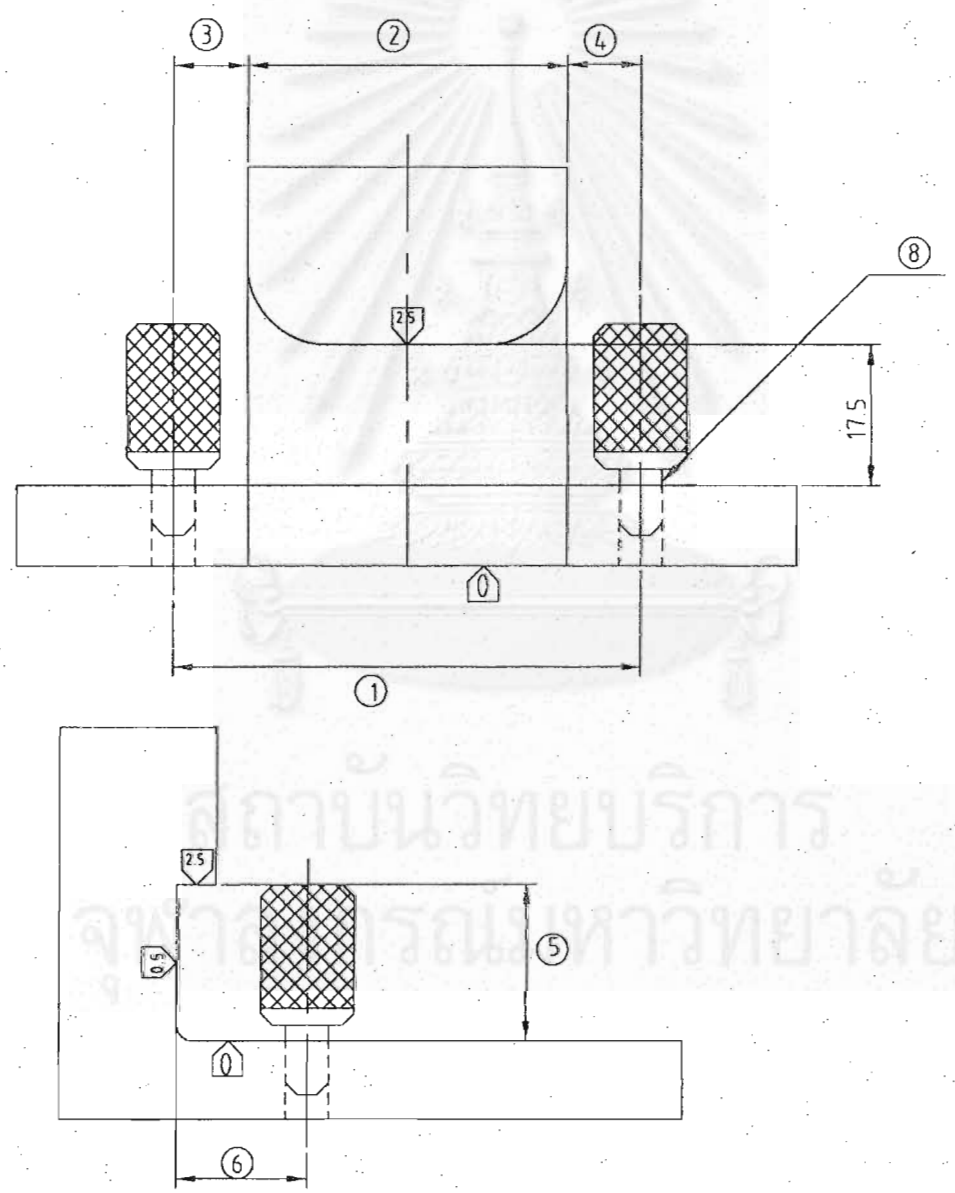
หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
5		5. ตรวจสอบรูปร่างชิ้นงาน ณ ตำแหน่งที่ระบุ	5. รูปร่างชิ้นงานจะต้องมีลักษณะโค้งตาม CHECKING FIXGURE ดังรูปที่แสดง **NOTE** - โดยชิ้นงานจะต้องมี GAP ห่างจาก GAGE < 2.5 mm.
6		ภาพแสดง PIN ที่ใช้ในการตรวจสอบ	

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	G-J97-041	PART NAME : SUPPORT BRACKET E	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NMF 003-17152	MODEL : J97	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD						
△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ SUPPORT BRACKET E	วันที่	หน้า 2/2
เลขโค้ด NMF003-17152	บันทึกโดย	แผนก ประกันคุณภาพ

ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	หมายเหตุ
1	60 ± 0.1							
2	$41.0^{+0.15}_{-0.05}$							
3	9.5 ± 0.2							
4	9.5 ± 0.2							
5	17.5 ± 0.2							
6	17.3 ± 0.2							
7	PIN=$\varnothing 6.55 \pm 0.2$							
8	PIN=$\varnothing 6.55 \pm 0.2$							

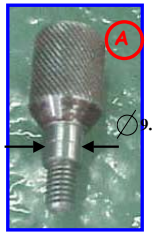
คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

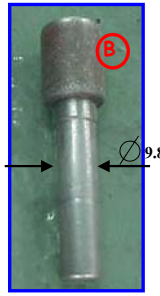
DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	**FRONT BRACKET " E "**	**MODEL**	**J 97**	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
1		การตรวจสอบ ตำแหน่งรู และรูปร่างชิ้นงาน	
		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 วาง CHECKING FIXGURE บนโต๊ะที่ใช้ตรวจสอบ	1.1 โต๊ะต้องมีพื้นผิวเรียบและมีความสูงที่เหมาะสม
		1.2 ทำความสะอาด CHECKING FIXURE ทุกครั้งก่อนทำการ ตรวจสอบ	1.2 ต้องไม่มีเศษโลหะหรือ เศษวัสดุอื่นอยู่บนCHECK FIXURE
		1.3 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.3 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้คือได้ผ่าน การสอบเทียบตามวันเวลาที่ระบุบน CHECKING FIXTURE
		NOTE - PIN A เป็น DATUM PIN มีลักษณะเป็นเกลียว - PIN B เป็นPIN ที่ใช้ในการวัดขนาดและตำแหน่ง มีลักษณะเป็นทรงกระบอก	1.4 ใช้เวอร์เนียร์ตรวจสอบ PIN โดยมีขนาดดังรูป (ทำการวัดก่อนตรวจสอบทุกครั้งเพื่อความถูกต้อง)



∅9.45±0.2



∅9.85±0.2

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	FRONT BRACKET " E "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
2		2. ประกอบชิ้นงานลงบน CHECKING FIXTURE เพื่อทำการตรวจสอบ	2. ชิ้นงานจะต้องวางลงบน CHECKING FIXURE พอดี โดยไม่มีความฝืด
3		3. ใส่ PIN A เพื่อเป็นการกำหนด DATUM	3.หมุน PIN A จนสุดเกลี่ยวจน PIN แนบสนิทกับชิ้นงาน

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

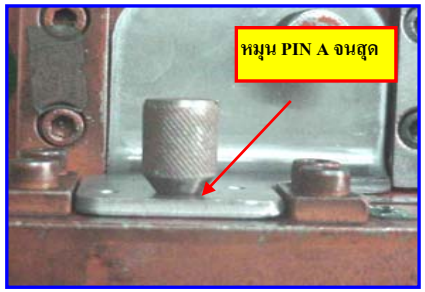
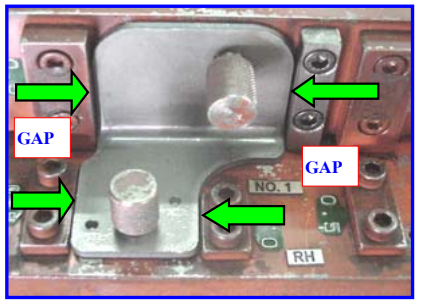
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	FRONT BRACKET " E "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย / CHECKING	พนักงานตรวจสอบ / INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
4		4. ใส่ Pin B เพื่อตรวจสอบตำแหน่งรูเจาะ	5. Pin B สามารถใส่ลงในตำแหน่งดังกล่าวได้โดยไม่ต้องคลาย Pin A NOTE - ถ้าไม่สามารถใส่ Pin B ถือว่าเป็นชิ้นงาน " NG "
5		5. ตรวจสอบขนาดของชิ้นงานในตำแหน่งที่แสดงดังรูป	5. ระยะห่างของชิ้นงานกับ CHECKING FIXTURE ต้องมีค่า GAP < 0.5 mm.

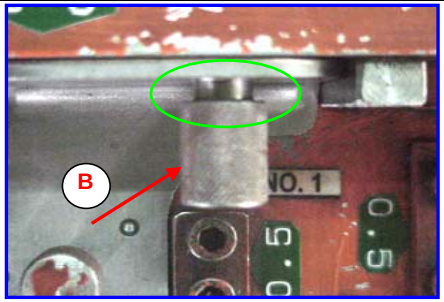
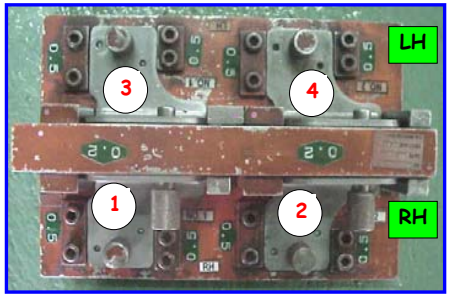
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../.....	APPROVE : .....DATE...../...../.....
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../.....	APPROVE : .....DATE...../...../.....
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../.....	APPROVE : .....DATE...../...../.....

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

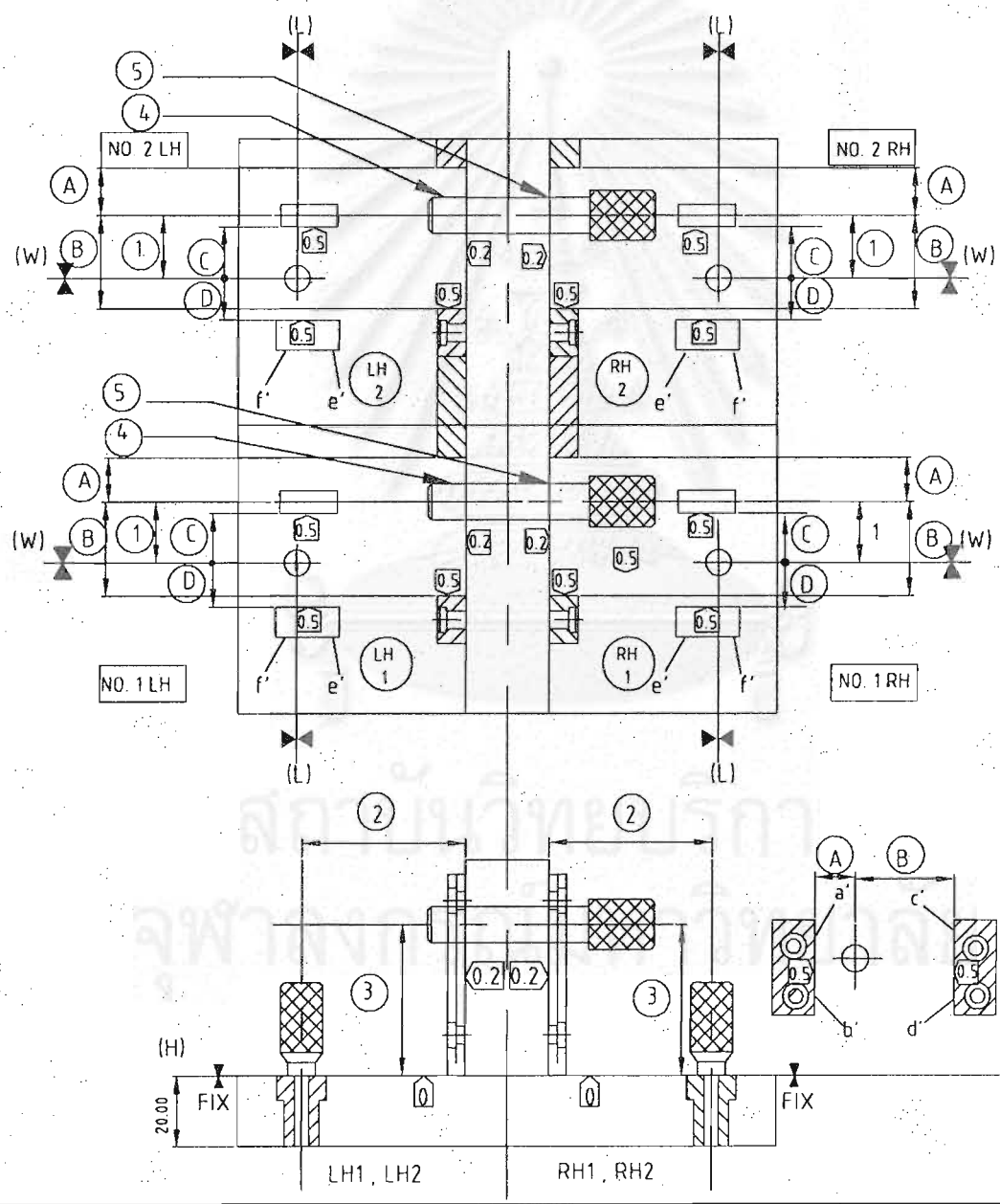
PART NAME	FRONT BRACKET " E "	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
		NOTE - ภาพแสดงการใส่ PIN B	- ใส่จนสุด PIN โดยการใส่ต้องไม่ฝืดและไม่ต้องใช้แรงมากจนเกินไป
		ภาพตัวอย่าง การตรวจสอบขนาดรูปร่างและตำแหน่งรูเจาะของ FRONT BRACKET " E " พร้อมกัน 4 ชิ้นงาน	

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	G-J97-026	PART NAME : FRONT BRACKET E R/L	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NMF005-17154/NMF005-27154	MODEL : J97	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD						
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ FRONT BACKET E	วันที่	หน้า 2/2
เลขโค้ด NMF005-17154/NMF005-27154	บันทึกโดย	แผนก ประกันคุณภาพ

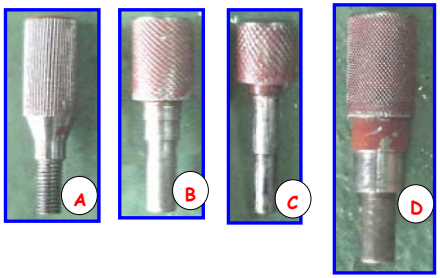
ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	หมายเหตุ
1	28.8 ± 0.2							
2	46.2 ± 0.2							
3	37.7 ± 0.2							
4	PIN=$\varnothing 9.85 \pm 0.5$							
5	$\varnothing 10.00 \pm 0.5$							
(A)								
a'	$21.7^{+0}_{-0.1}$							
b'	$21.7^{+0}_{-0.1}$							
(B)								
c'	$44.3^{+0.2}_{-0}$							
d'	$44.3^{+0.2}_{-0}$							
(C)	$20.5^{+0.2}_{-0}$							
(D)								
e'	$20.5^{+0.2}_{-0}$							
f'	$20.5^{+0.2}_{-0}$							

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	REAR BRACKET INNER	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
1		การตรวจสอบ ตำแหน่งรู และรูปร่างชิ้นงาน	
		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 วาง CHECKING FIXGURE บนโต๊ะที่ใช้ตรวจสอบ	1.1 โต๊ะต้องมีพื้นผิวเรียบและมีความสูงที่เหมาะสม
		1.2 ทำความสะอาด CHECKING FIXURE ทุกครั้งก่อนทำการตรวจสอบ	1.2 ต้องไม่มีเศษโลหะหรือ เศษวัสดุอื่นอยู่บน CHECKING FIXTURE
		1.3 ตรวจสอบอุปกรณ์ด้ามจับอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน	1.3 ด้ามจับจะต้องยึดแน่นกับฐานโดยหมุนเกลียวตามเข็มนาฬิกาแสดงดังรูป
		1.4 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.4 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้คือได้ผ่านการสอบเทียบ ตามวันเวลาที่ระบุบน CHECKING FIXTURE
	PIN ที่ใช้ในการตรวจสอบ 	ภาพแสดงลักษณะของ PIN ที่ใช้ในการตรวจสอบ	NOTE - ถ้า CHECKING FIXTURE ยังไม่ได้การสอบเทียบในช่วงเวลาที่กำหนดห้ามนำ CHECKING FIXTURE ไปใช้งาน

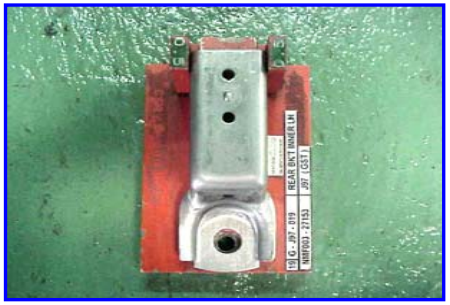
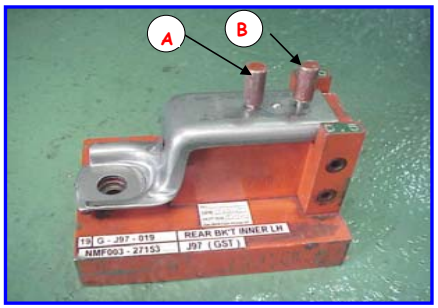
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	REAR BRACKET INNER	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
2		2. ประกอบชิ้นงานลงบน CHECKING FIXTURE เพื่อทำการตรวจสอบ	2. ชิ้นงานจะต้องวางลงบน CHECKING FIXURE พอดี NOTE - ถ้าชิ้นงานไม่สามารถวางลงบน CHECKING FIXTURE ได้ ถือว่าเป็นชิ้นงาน " NG "
3		3. ใส่ PIN A เพื่อกำหนด DATUM	3. หมุน PIN A จนสุดเกลี่ยวจน PIN แนบสนิทกับชิ้นงานโดยไม่มีความฝืด

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

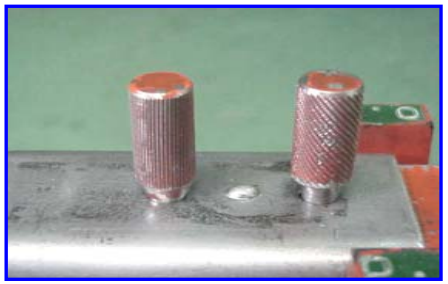
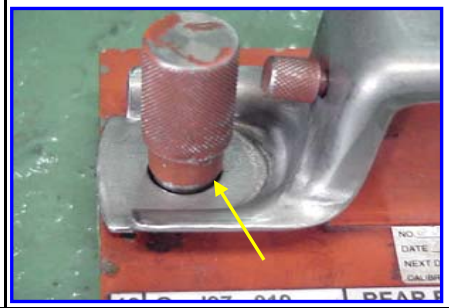
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	**REAR BRACKET INNER**	**MODEL**	**J 97**	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
4		**4. ใส่ PIN 2 เป็นการกำหนดตำแหน่งรู**	**4. Pin สามารถใส่ลงในตำแหน่งดังกล่าวได้โดยไม่ต้องคลาย Pin 1**
5		**5. ใส่ Pin 3 และ Pin 4เพื่อตรวจสอบตำแหน่งรูเจาะ**	**5. Pin D และ C สามารถใส่ลงในตำแหน่งดังกล่าวได้โดยไม่ต้องคลาย Pin A หรือ Pin B**
			NOTE
			- ถ้าไม่สามารถใส่ Pin B ถือว่าเป็นชิ้นงาน " NG "
			NOTE
			- ถ้าไม่สามารถใส่ Pin D หรือ Pin C ถือว่าเป็นชิ้นงาน " NG "

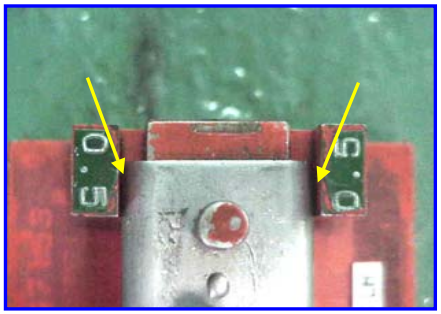
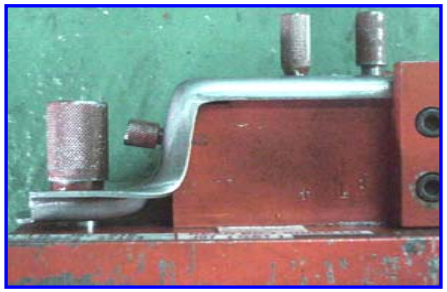
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

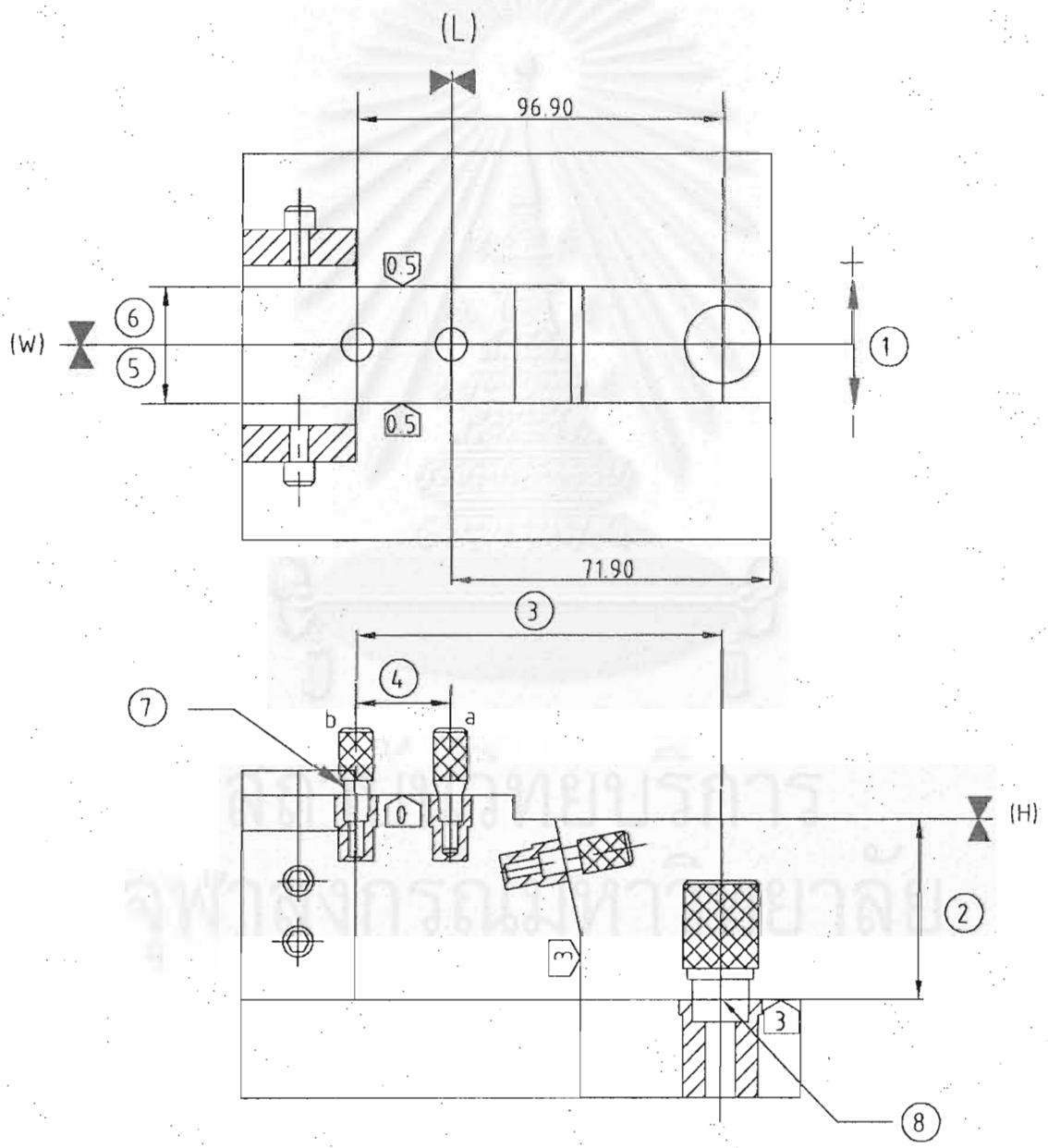
PART NAME	REAR BRACKET INNER	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
6		6. ตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน	6. ชิ้นงาน ณ บริเวณตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบดังรูป จะต้องไม่มีระยะห่างจาก CHECKING FIXTURE มากเกินไป - ระยะห่างจาก CHECKING FIXTURE < 0.5 mm.
7		7. ตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน	7. ชิ้นงานต้องมีลักษณะรูปร่างโค้งตามรูปร่างของ CHECKING FIXTURE

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	G-J97-019	PART NAME : REAR BRACKET INNER "LH"	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NMF003-27153 B	MODEL :	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD						
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ REAR BACKET INNER "LH"	วันที่	หน้า 2/2
เลขโค้ด NMF003-27153	บันทึกโดย	แผนก ประกันคุณภาพ

ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							หมายเหตุ
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	
1	0 ± 0.1							
2	53.4 ± 0.2							
3	96.9 ± 0.2							
4	25 ± 0.2							
5	$20.5^{+0.2}_{-0}$							
6	$20.5^{+0.2}_{-0}$							
7	a PIN=6.25 ± 0.2							
	b PIN=6.25 ± 0.2							
8	PIN=$\varnothing 15.5 \pm 0.2$							

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	LIVER SLIDE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
1		การตรวจสอบขนาด และรูปร่างชิ้นงาน	
		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 วาง CHECKING FIXTURE บนโต๊ะที่ใช้ตรวจสอบ	1.1 โต๊ะต้องมีพื้นผิวเรียบและมีความสูงที่เหมาะสม
		1.2 ทำความสะอาด CHECKING FIXTURE ทุกครั้งก่อนทำการตรวจสอบ	1.2 ต้องไม่มีเศษโลหะหรือ เศษวัสดุอื่นอยู่บน CHECK FIXTURE
		1.3 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.3 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้คือได้ผ่านการสอบเทียบ
			ตามวันเวลาที่ระบุบนCHECKING FIXTURE
2	ภาพแสดงการตรวจสอบ LEVER SLIDE ด้านซ้าย		NOTE
			- ถ้า CHECKING FIXTURE ยังไม่ได้การสอบเทียบในช่วงเวลาที่กำหนดห้ามนำ
			CHECKING FIXTURE ไปใช้งาน
		2. ประกอบชิ้นงานลงบน CHECKING FIXTURE เพื่อทำการตรวจสอบ	2. ชิ้นงานจะต้องวางลงบน CHECKING FIXURE พอดี
			NOTE
			- ถ้าชิ้นงานไม่สามารถวางลงบน CHECKING FIXTURE ได้ ถือว่าเป็นชิ้นงาน " NG "

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…
△		MODIFY NO…….	REVISER : ……DATE…/…/…	APPROVE : ……DATE…/…/…

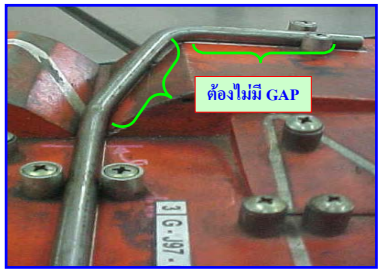
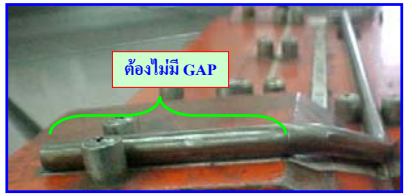
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	LIVER SLIDE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
3	 	3. ตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงานที่วางลงบน CHECKING FIXTURE	3. ชิ้นงานต้องแนบกับ CHECKING FIXTURE โดยไม่มีช่องว่างระหว่าง CHECKING FIXTURE ดังรูป NOTE - ถ้าชิ้นงานมีช่องว่างระหว่างชิ้นงานกับCHECKING FIXTURE ถือว่าเป็นชิ้นงาน "NG"

REVISION RECORD		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
	△	MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
	△	MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

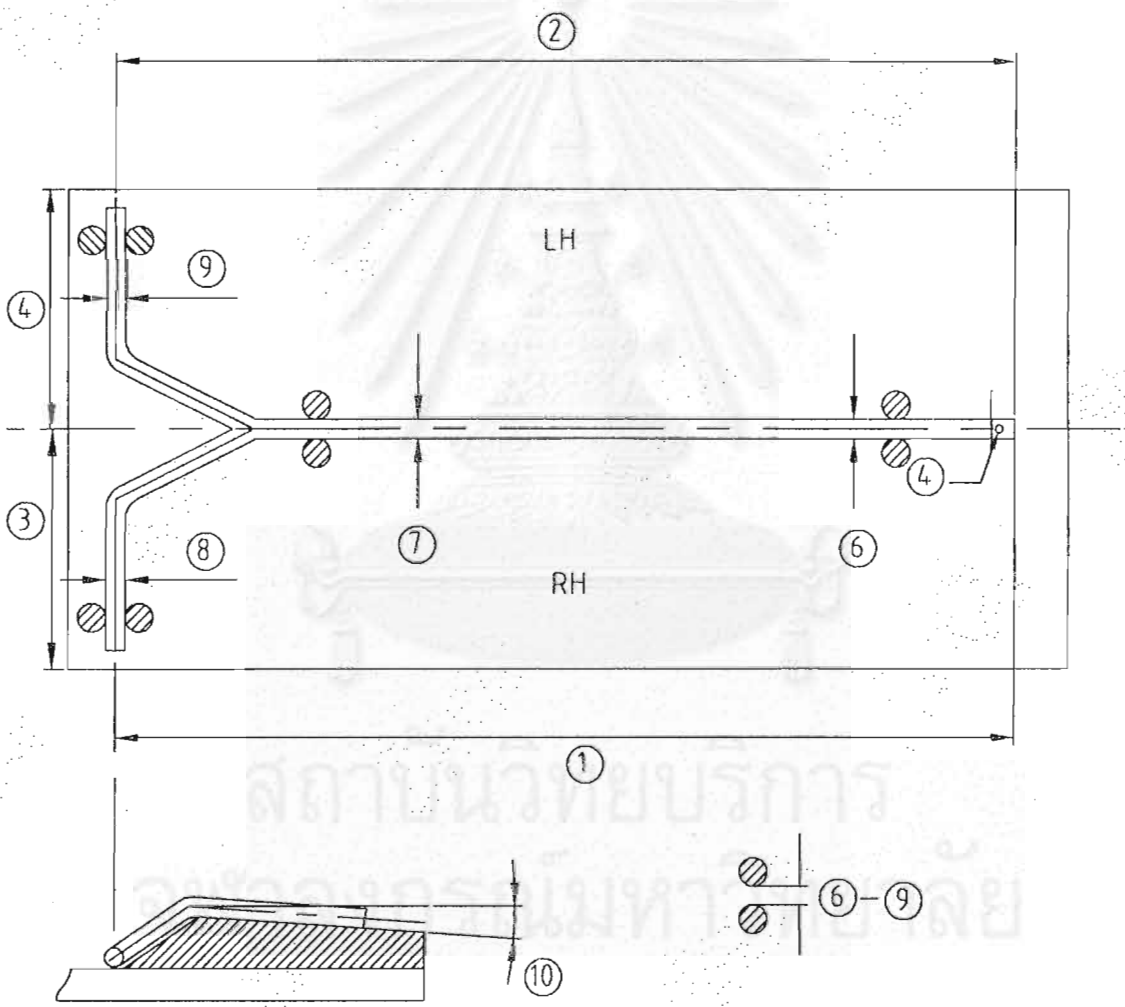
PART NAME	LIVER SLIDE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
4	ภาพแสดงการตรวจสอบ LEVER SLIDE ด้านขวา	4. ตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงานที่วางลงบนCHECKING FIXTURE	4. ชิ้นงานต้องแนบกับ CHECKING FIXTURE โดยไม่มีช่องวางระหว่าง CHECKING FIXTURE ดังรูป NOTE - ถ้าชิ้นงานมีช่องว่างระหว่างชิ้นงานกับCHECKING FIXTURE ถือว่าเป็นชิ้นงาน "NG"

REVISION RECORD		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
	△	MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
	△	MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	G-J97-003	PART NAME : LEVER SLIDE R/L	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NMF003-1721/NMF003-27201	MODEL : J97	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD						
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ LEVER SLIDE R/L	วันที่	หน้า 2/2
เลขโค้ด NMF003-17201/MNF003-27201	บันทึกโดย	แผนก ประกันคุณภาพ

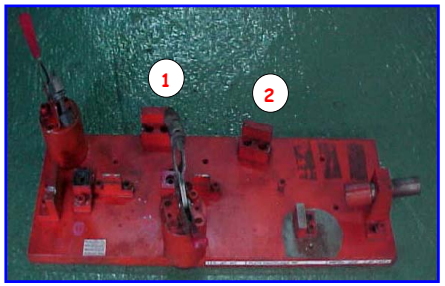
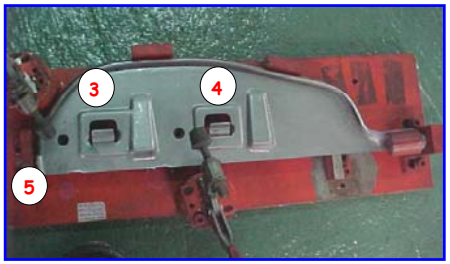
ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							หมายเหตุ
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	
1	R 384 ± 0.5							
2	L 384 ± 0.5							
3	R 92.2 ± 0.5							
4	R 92.2 ± 0.5							
5	10 ± 0.2							
6	8 ± 0.2							
7	8 ± 0.2							
8	R $8^{+0.2}_{-0}$							
9	L $8^{+0.2}_{-0}$							
10	R $5^{\circ}\pm0.5^{\circ}$							
	R $5^{\circ}\pm0.5^{\circ}$							
11	PIN= $\varnothing$ 3 ± 0.5							

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	PLATE KNUCKLE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
		การตรวจสอบ ตำแหน่งรู และรูปร่างชิ้นงาน	
1		1. ตรวจสอบ CHECKING FIXTURE ก่อนใช้งาน	
		1.1 วาง CHECKING FIXTURE บนโต๊ะที่ใช้ตรวจสอบ	1.1 โต๊ะต้องมีพื้นผิวเรียบและมีความสูงที่เหมาะสม
		1.2 ทำความสะอาด CHECKING FIXTURE ทุกครั้งก่อนทำการตรวจสอบ	1.2 ต้องไม่มีเศษโลหะหรือ เศษวัสดุอื่นอยู่บน CHECK FIXTURE
		1.3 ตรวจสอบวันที่ทำการสอบเทียบ	1.3 CHECKING FIXTURE ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถใช้งานได้คือได้ผ่านการสอบเทียบ
			ตามวันเวลาที่ระบุบนCHECKING FIXTURE
			NOTE
			- ถ้า CHECKING FIXTURE ยังไม่ได้การสอบเทียบในช่วงเวลาที่กำหนดห้ามนำ
2			CHECKING FIXTURE ไปใช้งาน
		2. ประกอบชิ้นงานลงบน CHECKING FIXTURE เพื่อทำการตรวจสอบ	2. ชิ้นงานจะต้องวางลงบน CHECKING FIXURE พอดีโดยไม่ต้องออกแรงกดชิ้นงาน
			เพื่อให้องตำแหน่ง
			NOTE
			- ถ้าชิ้นงานมี ครีบ หรือ รอยบิ่นให้ทำการดำเนินการแก้ไขก่อนนำชิ้นงานไปตรวจสอบด้วย
			CHECKING FIXTURE

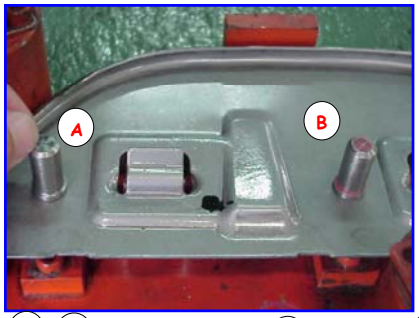
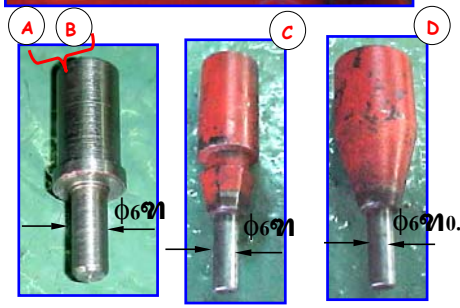
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	PLATE KNUCKLE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
3		3. ใส่ PIN A และ PIN B เพื่อตรวจสอบตำแหน่งรู	3. PIN Aและ PIN B จะต้องสามารถใส่ได้จนสุด โดยที่ไม่มีความฝืดและเมื่อใส่ PIN A แล้ว ต้องสามารถใส่ PIN B ได้โดยไม่ต้องขยับPIN A NOTE - ถ้าชิ้นงานไม่สามารถใส่ PIN ได้ตามที่กำหนดถือเป็นชิ้นงาน NG
4		4. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของ PIN ทั้ง 4 PIN ประกอบด้วย - PIN A จำนวน 2 PIN - PIN C จำนวน 1 PIN - PIN D จำนวน 1 PIN	4. PIN ทั้ง 3 จะต้องไม่มีรอยชำรุด เช่น แตก บิ่นหรือรอยเยิน NOTE - ถ้า PIN ใดไม่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานให้ดำเนินการแก้ไขก่อนใช้งาน

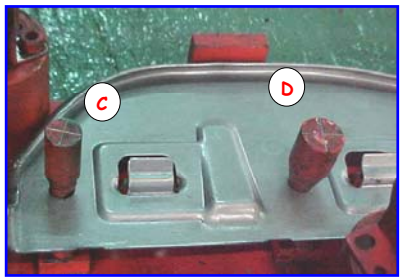
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	PLATE KNUCKLE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย / CHECKING	พนักงานตรวจสอบ / INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
5		5. ใส่ PIN C และ PIN D เพื่อกำหนด DATUM	5. ใส่ PIN ทั้ง 2 ให้สุดความยาวPIN ดังรูป
6		6. ทำการ CLAMP ชิ้นงานเพื่อล็อกตำแหน่ง PIN DATUM	

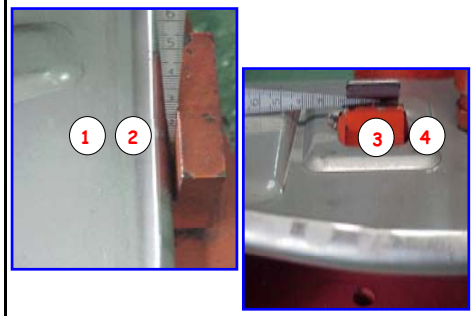
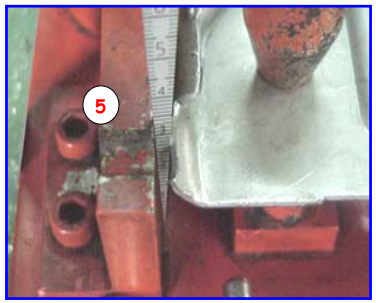
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	PLATE KNUCKLE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
7		7. ตรวจสอบระยะ GAP โดยใช้ TAPER GAGE ในตำแหน่ง1, 2, 3, 4 และ5	7. ระยะ GAP ในตำแหน่งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 3 มิลลิเมตร ระยะ GAP ในตำแหน่งที่ 3 และ 4 เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร ระยะ GAP ในตำแหน่งที่ 5 เท่ากับ 3 มิลลิเมตร
8			

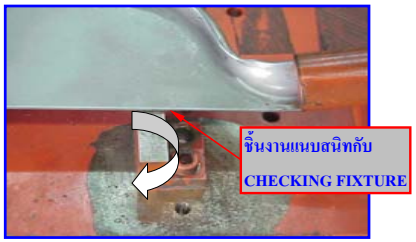
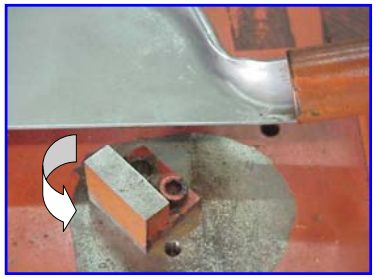
REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

PART NAME	PLATE KNUCKLE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย / CHECKING	พนักงานตรวจสอบ / INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
8		8. ตรวจสอบตำแหน่งที่ 6 โดยดูสังเกตระยะ GAP ตำแหน่งที่ระบุโดยปรับเลื่อนฐานรองเข้าใต้ชิ้นงาน ดังรูป	8. ชิ้นงานจะต้องแนบกับฐานรอง
9		9. เลื่อนฐานรองออกดังรูป	

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE.../.../...	APPROVE : .....DATE.../.../...

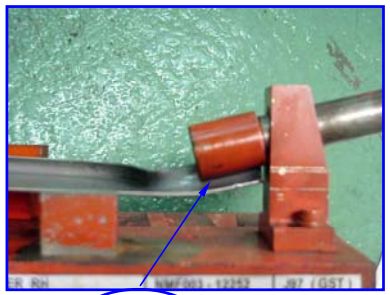
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการตรวจสอบ JIG CHECK

JIG CHECK INSPECTION MANUAL

DOC. NO.	
REF. NO.	
EFFECTIVE DATE	
PAGE NO.	

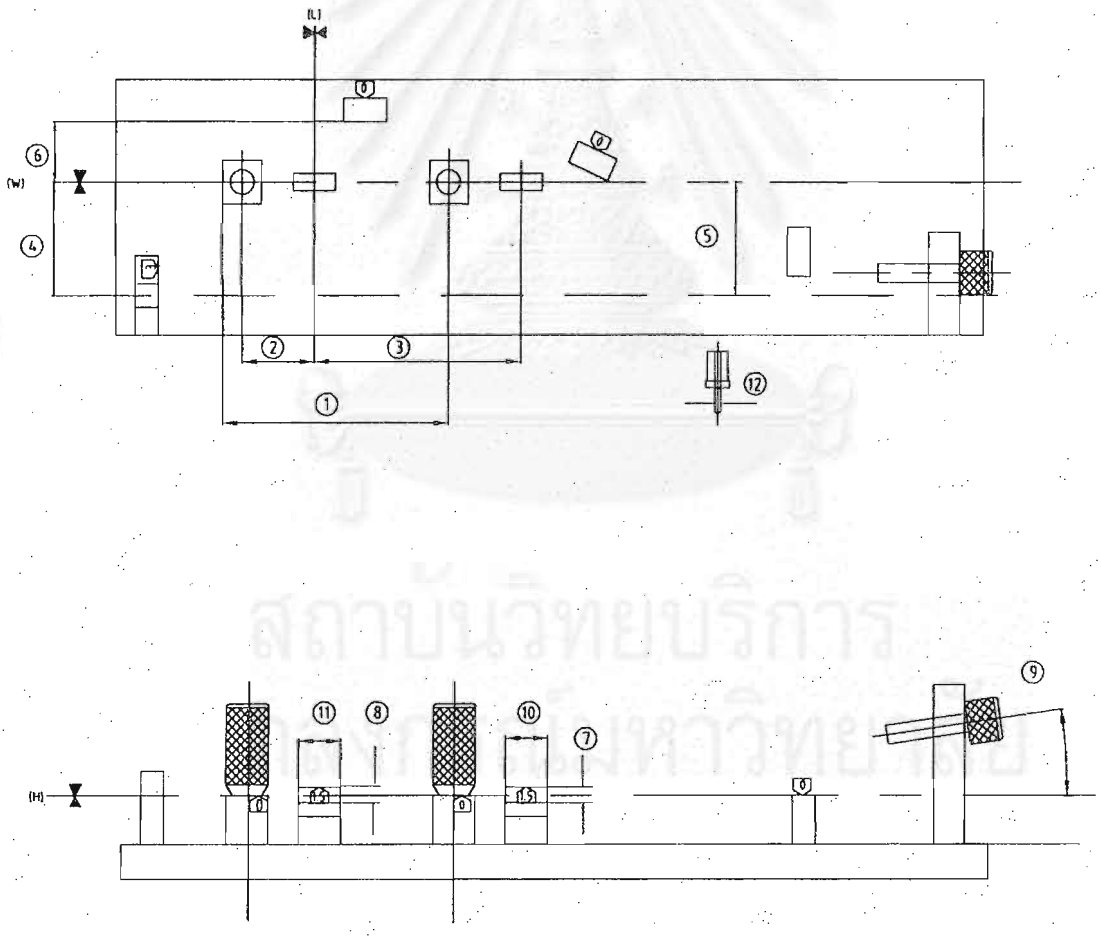
PART NAME	PLATE KNUCKLE	MODEL	J 97	ตรวจสอบโดย	พนักงานตรวจสอบ
				CHECKING	INSPECTOR

หัวข้อ (ITEM)	รูปภาพ (ILLUSTRATION)	วิธีการ (METHOD)	มาตรฐาน (STANDARD)
10		10. ตรวจสอบระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับ CHECKING FIXTURE ดังรูป	10. ชิ้นงานต้องไม่มีระยะห่างจาก CHECKING FIXTURE มากจนเสียรูป GAP < 5 มิลลิเมตร NOTE ถ้าชิ้นงานมีระยะ GAP มากกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นชิ้นงาน NG

REVISION RECORD				
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...
△		MODIFY NO.....	REVISER : .....DATE...../...../...	APPROVE : .....DATE...../...../...

DIMENSION REPORT OF INSPECTION JIG

ENTRY NO.	G-J97-001 G-J97-002	PART NAME : PLATE KNUCKLE R/L	MAKER : MAZDA	DOCUMENT NO	
				EFFECTIVE DATE	
		PART NO : NMF003-12252/NMF003-22252	MODEL : J97	PAGE NO	1/2



REVISION RECORD							
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....
	△		MODIFY NO		REVISER.....DATE...../...../.....	APPROVED.....DATE...../...../.....

ใบตรวจสอบขนาดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ชื่อเครื่องมือ PLATE KNUCKLE	วันที่	หน้า 2/2
เลขโค้ด NMF003-12252/NMF003-22252	บันทึกโดย	แผนก ประกันคุณภาพ

ลำดับ	วันที่ตรวจสอบ							หมายเหตุ
	ขนาดมาตรฐาน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	ผลการวัด	ผลการตัดสิน	
1	110 ± 0.2							
2	38.2 ± 0.5							
3	110 ± 0.5							
4	27.8 ± 0.5							
5	27.8 ± 0.5							
6	77 ± 0.5							
7	8.0 ± 0.2							
8	8.0 ± 0.2							
9	$12.29^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$							
10	$22^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$							
11	$22^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$							

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2519 สำเร็จการศึกษาใน ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2542 หลังจากนั้นได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย