หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้สามารถดำเนินการให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ จำเป็นต้องมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่ครบถ้วน และนำไปสู่การทำวิจัยอย่างมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอน การศึกษาความรู้ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา ชิ้นงานที่เลือกมาทำการทดสอบ จุดตรวจสอบ และวิธีการตรวจสอบของชิ้นงานดังกล่าว หลังจากนั้น ทำการกำหนดวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด แล้วทำการทดสอบ ทำการวิเคราะห์ผล รวมทั้งนำเสนอวิธีการปรับปรุง และทำการทดสอบอีกครั้งหนึ่ง หากความสามารถของระบบการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ทาง QS 9000 กำหนด ก็ทำการระบุเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน หลังจากนั้นทำการสรุปผลวิทยานิพนธ์ และจัดทำเป็นรูปเล่มวิทยานิพนธ์ โดยรายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

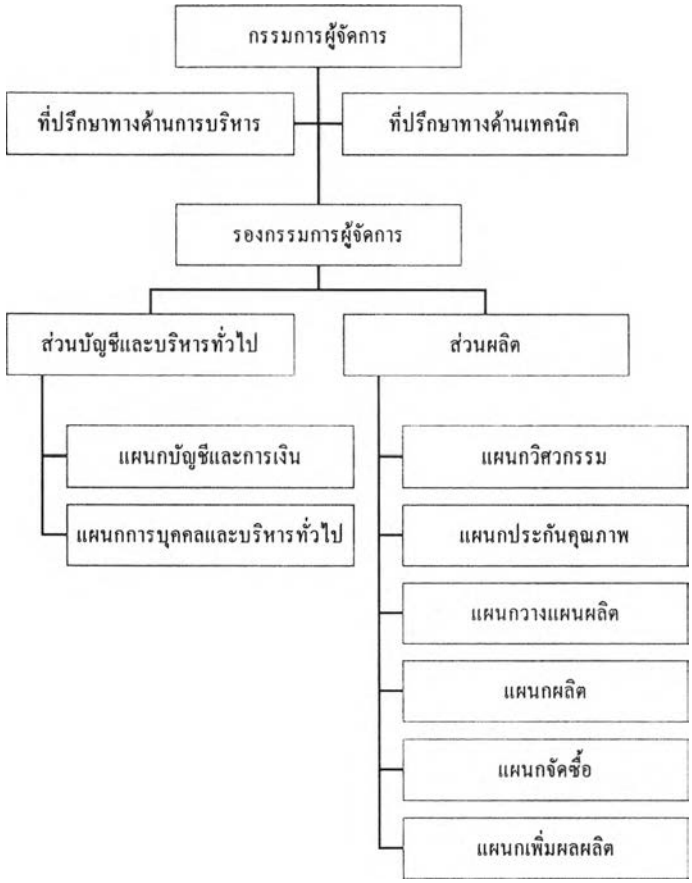
3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาตำรา บทความในวารสาร และมาตรฐานระบบบริหารคุณภาพต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ รวมทั้งรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับโรงงานกรณีศึกษา

   1.1 ข้อมูลจำเพาะของโรงงานตัวอย่าง

   โรงงานตัวอย่างก่อตั้งขึ้นจากการร่วมทุนระหว่างบริษัทญี่ปุ่น กับ บริษัทในประเทศไทย ปัจจุบันโรงงานมีผลิตภัณฑ์หลักเป็น ท่อส่งน้ำมันเข้าหัวฉีดสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ชิ้นส่วนท่อความดันสำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์การเกษตร และรถจักรยานยนต์ ชิ้นส่วนท่อความดันแบบอื่นๆ โดยมีพนักงานระดับปฏิบัติการประมาณ 20 คน ระดับบังคับบัญชาและบริหาร 10 คน ภายใต้โรงงานขนาด 200 ตารางเมตร โดยมีลูกค้าหลักในปัจจุบัน เป็นโรงงานประกอบรถยนต์ยี่ห้อ Toyota , Isuzu , Honda , Nissan

   โรงงานที่เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานขนาดเล็กซึ่งนำเทคโนโลยีการผลิตและวัตถุดิบมาจากประเทศญี่ปุ่น โดยทำการผลิตชิ้นส่วนเพื่อป้อนอุตสาหกรรมรถยนต์เป็นหลัก โดยมีผลิตภัณฑ์หลักคือท่อส่งน้ำมันเข้าหัวฉีด ในปัจจุบันบริษัทเป็นผู้นำในส่วนแบ่งการตลาด ผังโครงสร้างองค์กรแบ่งออกเป็นส่วนผลิตและส่วนบัญชีและบริหารทั่วไป ซึ่งในส่วนผลิตแบ่งออกเป็น 5 แผนก ตามผังโครงสร้างองค์กรดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างองค์กรของโรงงานตัวอย่าง

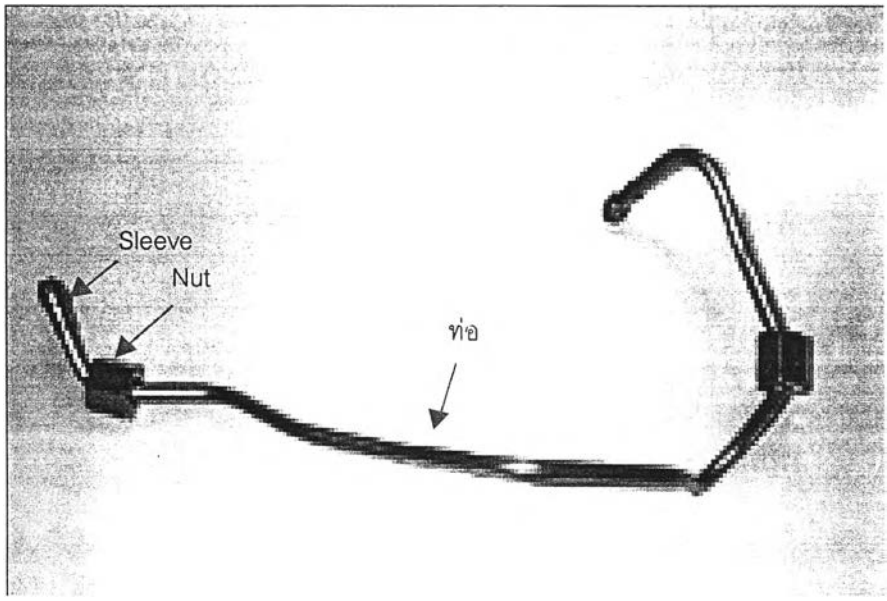
ในแผนกการผลิตเอง ยังมีการแบ่งออกเป็นงานผลิตท่อส่งน้ำมันเข้าหัวฉีด(ผลิต 1) งานท่อส่งน้ำขนาดสั้น (ผลิต 2) งานท่อส่งความดันขนาดยาวที่ต้องมีงานเชื่อม (ผลิต 3) โดยงานท่อส่งน้ำมันเข้าหัวฉีด เป็นผลิตภัณฑ์หลักของบริษัท ซึ่งกำลังอยู่ระหว่างการขยายฐานลูกค้าเข้าไปสู่กลุ่ม Big Three ซึ่งมีข้อจำกัดให้การจัดทำระบบ QS 9000 ก่อนเป็นผู้ส่งมอบได้ ดังนั้นจึงทำการเลือกชิ้นงานในกลุ่มนี้มาทำการศึกษา ในการดำเนินการการวิเคราะห์ระบบการวัด ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อกำหนดของ QS 9000

2. เลือกชิ้นงานที่จะมาทำการทดสอบ โดยเลือกท่อส่งน้ำมันเข้าหัวฉีดของ Toyota No.23703-05011

ชิ้นงานในกลุ่มท่อส่งน้ำมันเข้าหัวฉีดนี้ เป็นชิ้นงานที่ผลิตจากวัตถุดิบทั้งหมด 3 ส่วน คือ ท่อ Nut และ Sleeve โดยวัตถุดิบท่อนี้นำเข้าจากบริษัทแม่ในประเทศญี่ปุ่น ชิ้นส่วน Nut สามารถจัดหาจากผู้ผลิตภายในประเทศได้แล้ว ส่วนชิ้นส่วน Sleeve อยู่ระหว่างการดำเนินการจัดหาภายในประเทศอยู่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชิ้นงานที่เลือกมาทำการทดสอบ เป็นชิ้นงานที่ปัจจุบันมีการผลิตอยู่อย่างต่อเนื่อง เป็นท่อส่งน้ำมันเข้าหัวฉีด รหัสชิ้นงาน 23703-05011 ซึ่งมีรูปร่างชิ้นงานตามรูปดังนี้



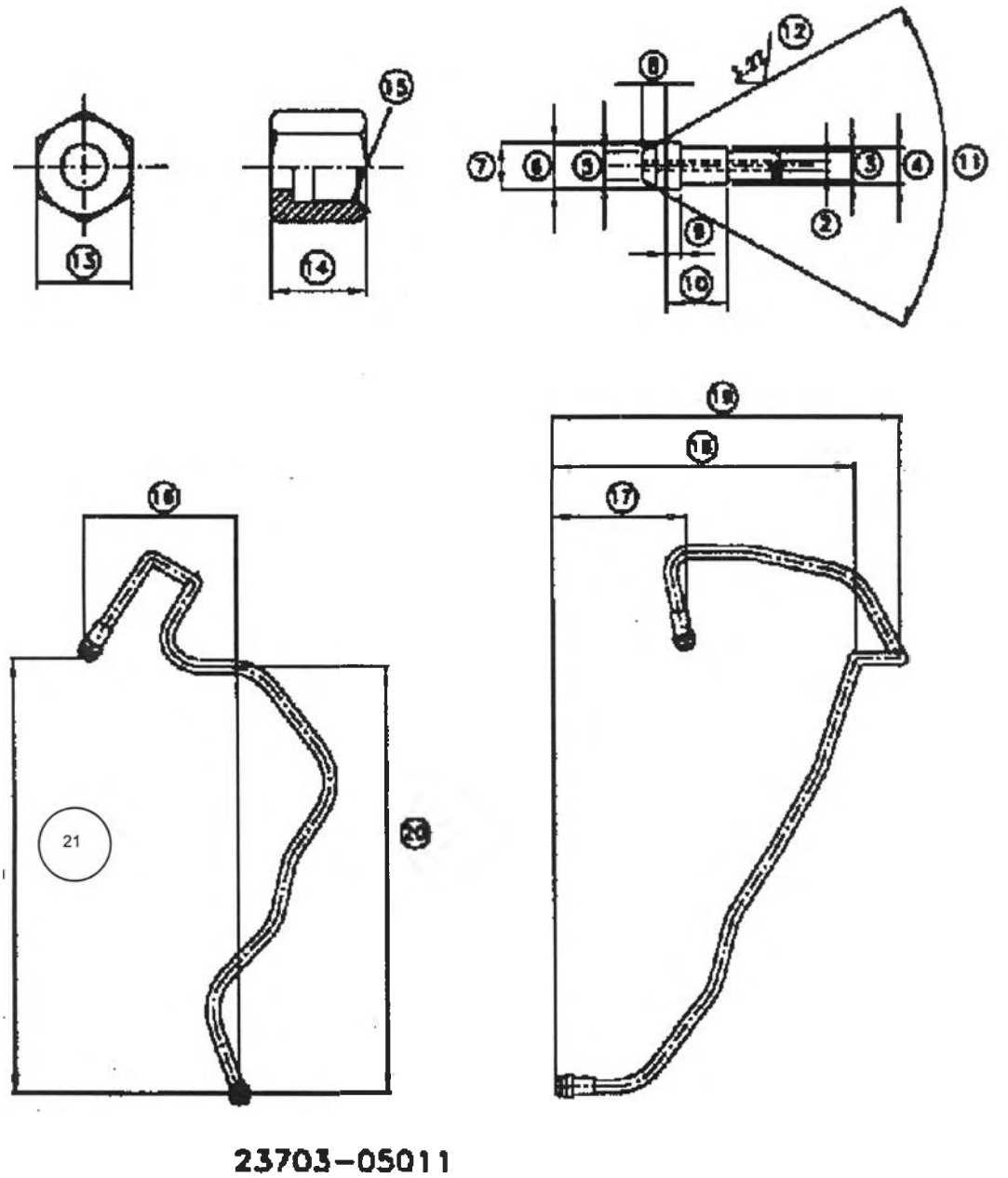
รูปที่ 3.2 ชิ้นงานตัวอย่างในการทดสอบ

โดยชิ้นงานตัวอย่างดังกล่าวมีขั้นตอนการผลิตซึ่งดำเนินการผลิตภายในโรงงานทั้งหมดดังดังนี้

- การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ
- การปั๊มหัว 1 ข้าง
- การประกอบ Nut และ Sleeve
- การปั๊มหัว อีกข้างหนึ่ง
- การอัด Sleeve เข้ากับหัวท่อทั้ง 2 ข้าง
- การตรวจสอบสภาพทั่วไปของหัวท่อ
- การทำความสะอาดภายในท่อ
- การดัดท่อ
- การทดลองประกอบ
- การตรวจสอบสภาพทั่วไป
- การบรรจุ
- การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย

3. ทำการศึกษารายละเอียดของจุดตรวจสอบต่างๆ เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ และวิธีการตรวจสอบ

จากแบบของชิ้นงานตามที่ลูกค้ามอบมา มีจุดตรวจสอบที่ต้องมีการควบคุมและตรวจสอบดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 จุดตรวจสอบของชิ้นงานตัวอย่าง

จากจุดตรวจสอบทั้งหมด ได้มีการกำหนดวิธีการตรวจสอบของแต่ละจุดตรวจสอบดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงจุดตรวจสอบและวิธีการตรวจสอบของชิ้นงานตัวอย่าง

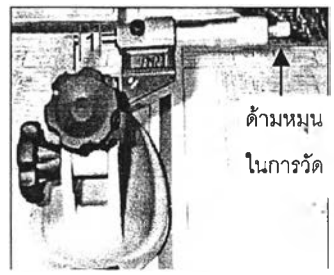
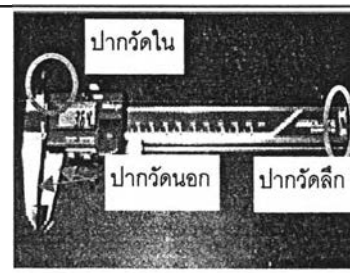
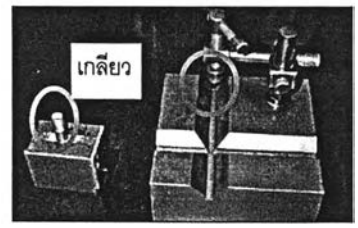
จุดตรวจสอบ	รายละเอียด	เครื่องมือตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	
1	สภาพทั่วไป	สายตาและชิ้นงานตัวอย่าง	ไม่มีรอยขีดข่วน สนิม	-
2	เส้นผ่านศูนย์กลาง	Plug Gauge	Go,No Go	-
3	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ไมโครมิเตอร์	6 ± 0.1	มม.
4	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ไมโครมิเตอร์	7.8 ± 0.1	มม.
5	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เวอร์เนีย	$6^{+0}_{-0.5}$	มม.
6	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เวอร์เนีย	$9^{+0.5}_{-0}$	มม.
7	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เวอร์เนีย	10 ± 0.1	มม.
8	ความยาว	เวอร์เนีย	$5^{+0.5}_{-0}$	มม.
9	ความยาว	เวอร์เนีย	3 ± 0.1	มม.
10	ความยาว	เวอร์เนีย	13 ± 0.2	มม.
11	มุม	เกจวัดมุม	$58 \pm 1^{\circ}$	-
12	ความเรียบ	แผ่นเทียบความเรียบ	3.2Z	-
13	ความยาว	เวอร์เนีย	$17^{+0}_{-0.25}$	มม.
14	ความยาว	เวอร์เนีย	17 ± 0.2	มม.
15	เกลียว	Plug Gauge M12*1.5	Go,No Go	
16	ความยาว	ไฮเกจ + อุปกรณ์จับยึด	70 ± 1.6	มม.
17	ความยาว	ไฮเกจ + อุปกรณ์จับยึด	62.1 ± 1.6	มม.
18	ความยาว	ไฮเกจ + อุปกรณ์จับยึด	148.4 ± 2.4	มม.
19	ความยาว	ไฮเกจ + อุปกรณ์จับยึด	160.1 ± 2.4	มม.
20	ความยาว	ไฮเกจ + อุปกรณ์จับยึด	194 ± 2.4	มม.
21	ความยาว	ไฮเกจ + อุปกรณ์จับยึด	198 ± 2.4	มม.
22	การประกอบ	Jig ประกอบ	ประกอบได้โดยง่าย	-

จากตารางที่ 3.1 พบว่าจุดตรวจสอบทั้งหมด 22 จุดตรวจสอบ สามารถแบ่งแยกออกเป็นจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงปริมาณ ซึ่งสามารถวัดค่าของชิ้นงานเป็นเชิงปริมาณได้ 16 จุดตรวจสอบ ได้แก่ จุดตรวจสอบที่ 3,4,5,6,7,8,9,10,13,14,16,17,18,19,20,21 และจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ 6 จุดตรวจสอบ ซึ่งไม่สามารถบอกค่าวัดเป็นปริมาณได้ บอกได้เพียงว่าชิ้นงานดังกล่าว ผ่านหรือไม่ผ่าน อันได้แก่ จุดตรวจสอบที่ 1,2 ,11,12,15,22

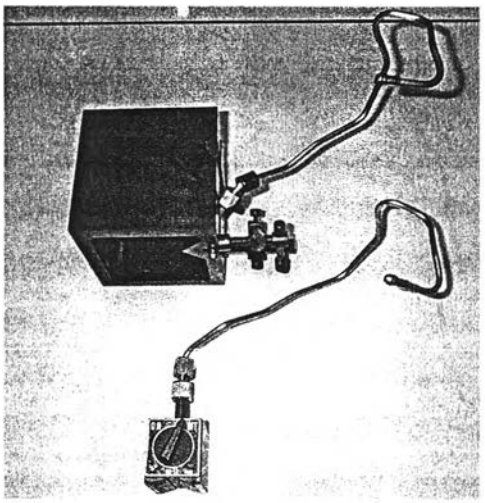
ในการทดลองเพื่อให้เกิดความสะดวกและเป็นรูปแบบที่ชัดเจน จะทำการแบ่งการทดสอบออกตามประเภทของจุดตรวจสอบ โดยจะทำการทดสอบระบบการวัดสำหรับลักษณะสมบัติเชิงปริมาณ แยกออกจากลักษณะสมบัติเชิงคุณภาพ โดยจัดทำเป็นการทดสอบแยกออกจากกัน

จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงปริมาณมีเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ เวอร์เนีย ไมโครมิเตอร์ ไฮเกจ และ อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อการวัดประกอบการวัดด้วยไฮเกจ ดังแสดงได้ดังตารางที่ 3.2

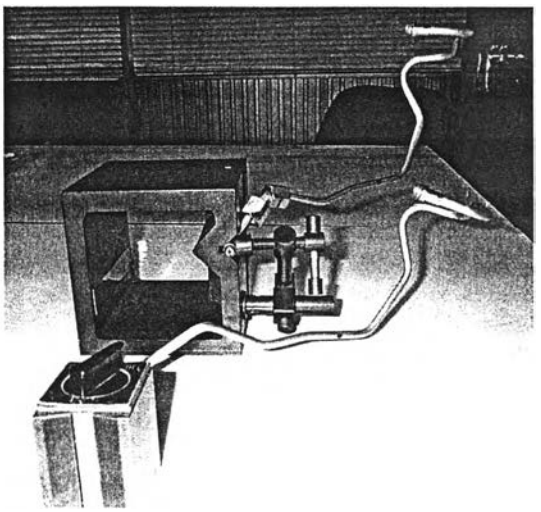
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงเครื่องมือวัดลักษณะสมบัติเชิงปริมาณสำหรับชิ้นงานตัวอย่าง

เครื่องมือวัด	รูป	จุดตรวจสอบที่ใช้
ดิจิตอลไมโครมิเตอร์ (0-25 มม.) รหัสเครื่องมือ DMC05 ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร		3,4 วิธีการวัด : ตั้งค่าเครื่องมือที่ศูนย์ นำชิ้นงานมาวางในบริเวณ 1 โดยให้ผิวชิ้นงานที่ต้องการวัดขนานกับปากวัดด้าน ANVIEW แล้วหมุนด้ามหมุนให้ด้าน Spindle เข้าชิดชิ้นงาน โดยปากด้าน Spindle ขนานกับชิ้นงานอีกด้านหนึ่ง แล้วอ่านค่าที่วัดได้
ดิจิตอลเวอร์เนีย (0-150 มม.) รหัสเครื่องมือ DVC03 ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร		5,6,7,8,9,10,13,14 วิธีการวัด : ตั้งค่าเครื่องมือที่ศูนย์ นำชิ้นงานมาวางในบริเวณที่ต้องการวัด ให้ปากของเครื่องมือขนานกับชิ้นงานทั้งสองด้าน แล้วอ่านค่าที่วัดได้
Jig ประกอบใน การวัด		16,17,18,19,20,21 วิธีการวัด :ทั้งสองแบบใช้สำหรับจับยึดชิ้นงานเพื่อใช้ในการวัดระยะของชิ้นงาน เนื่องจากจำเป็นต้องมีจุดอ้างอิงในการวัด ดังนั้นจะทำการตั้งชิ้นงานให้ได้ระยะกลางของจุดตรวจสอบที่ 16 แล้วพลิก Jig เพื่อวัดค่าที่เหลือด้วย ไฮเกจ
ดิจิตอลไฮเกจ (0-300 มม.) รหัสเครื่องมือ HG02 ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร		16,17,18,19,20,21 วิธีการวัด : ไม่มีศูนย์สมบูรณ์ จะใช้การหาระยะอ้างอิงที่ปากวัดไว้ที่ศูนย์ แล้วทำการเลื่อนระดับให้ปากวัดไปแตะระดับที่ต้องการแล้วอ่านค่าบนหน้าปัด เป็นค่าระยะของชิ้นงาน

เนื่องจากการวัดในจุดตรวจสอบที่ 16- 21 นั้น ไม่สามารถวัดค่าชิ้นงานได้โดยตรง จึงได้มีการประชุมตกลงกันกับลูกค้า โดยกำหนดแนวทางร่วมกันให้นำชิ้นงานมาติดตั้งอุปกรณ์จับยึดก่อนแล้วค่อยทำการวัด ซึ่งปัจจุบันมีใช้อยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือแบบติดตั้งชิ้นงานกับร่องตัววี และ แบบติดตั้งโดยใช้ Nut ขันเข้ากับเกลียว หลังจากนั้นทำการปรับตั้งชิ้นงานให้มีค่าในจุดตรวจสอบที่ 16 อยู่ในค่ากลาง แล้วทำการวัดในจุดตรวจสอบที่17-21 โดยการพลิกอุปกรณ์จับยึด แล้วทำการวัดค่าชิ้นงานด้วยไฮเกจ โดยในขั้นตอนแรก ทำการติดตั้งชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึดดังรูปที่ 3.4 แล้วตั้งระยะที่ 16 ให้ได้ตามค่ากลางของมาตรฐาน แล้วทำการพลิกอุปกรณ์จับยึด ดังรูปที่ 3.5 เพื่อทำการวัดในจุดตรวจสอบที่ 17-19 แล้วทำการพลิกอุปกรณ์จับยึดอีกครั้งดังรูปที่ 3.6 เพื่อทำการวัดในจุดตรวจสอบที่20 และ 21

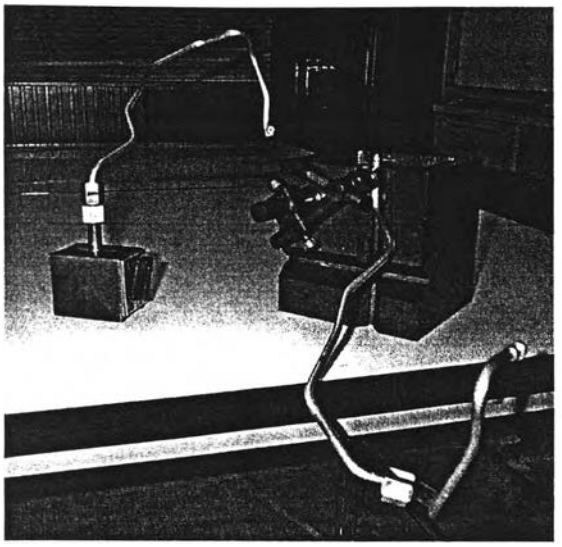


มุมมองด้านหน้า

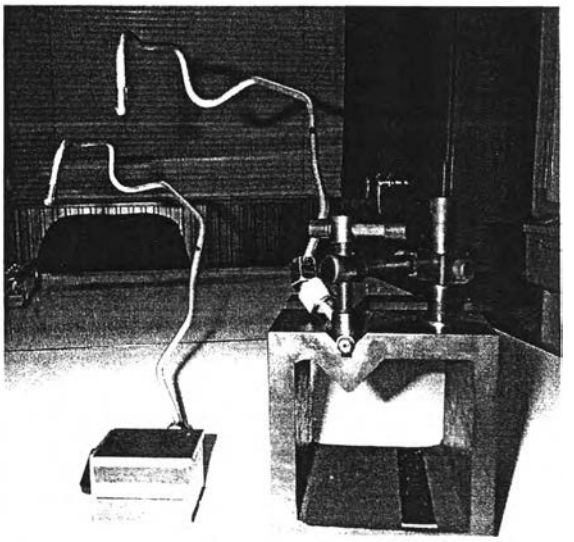


มุมมองด้านบน

รูปที่ 3.4 ลักษณะการติดตั้งชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานทั้ง 2 แบบ



รูปที่ 3.5 การพลิกอุปกรณ์จับยึดเพื่อวัดใน จุดตรวจสอบที่ 17-19



รูปที่ 3.6 การพลิกอุปกรณ์จับยึดเพื่อวัด ในจุดตรวจสอบที่ 20,21

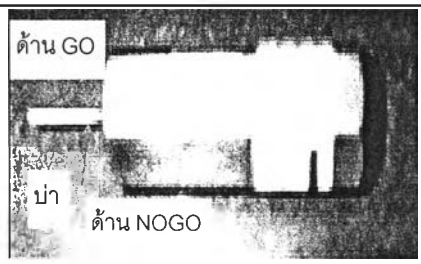
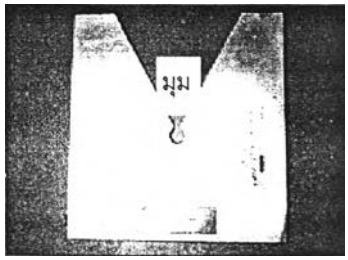
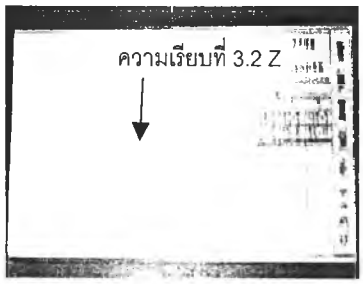
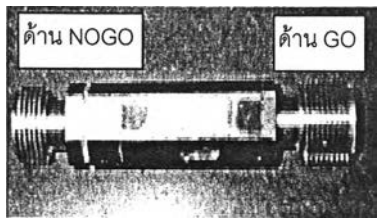
สำหรับการสอบเทียบเครื่องมือวัดก่อนการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดนั้น ได้จัดทำขึ้นในวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2543 โดยมีผลการสอบเทียบดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดลักษณะสมบัติเชิงปริมาณที่ใช้ในการทดลอง

เลขที่	ชื่อและหมายเลขของเครื่องมือวัด	เกณฑ์ควบคุม	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่วัดได้	ผลการสอบเทียบ
1	ดิจิตอลเวอร์เนีย หมายเลข DVC 03	ความเรียบปากวัดนอก ความขนานปากวัดนอก ค่าความไม่แน่นอน ค่าความเอนเอียง	ไม่มีแสงลอดผ่าน ± 0.02 ม.ม ± 0.08 ม.ม ± 0.02 ม.ม	ไม่มีแสงลอดผ่าน 0.005 ม.ม. ± 0.02 ม.ม +0.01 ม.ม	ใช้ได้ ใช้ได้ ใช้ได้ ใช้ได้
2	ดิจิตอลไมโครมิเตอร์ หมายเลข DMC 05	ค่าความเรียบ ค่าขนาน ค่าความไม่แน่นอน ค่าความเอนเอียง	0.001 ม.ม 0.002 ม.ม ± 0.002 ม.ม ± 0.004 ม.ม	0.00064 ม.ม 0.00192 ม.ม ± 0.002 ม.ม + 0.002 ม.ม	ใช้ได้ ใช้ได้ ใช้ได้ ใช้ได้
3	ดิจิตอลไฮเกจ หมายเลข HG 02	ความเรียบและขนาน ของแกนวัด ความเรียบและขนาน ของผิวหน้าสัมผัส ค่าความเอนเอียง	0.005 ม.ม 0.008 ม.ม ± 0.05 ม.ม	0.005 ม.ม 0.004 ม.ม + 0.04 ม.ม	ใช้ได้ ใช้ได้ ใช้ได้
4	Magnetic Block – T หมายเลข MB 03	ค่าความเรียบผิวอ้างอิง	0.030 ม.ม	0.020 ม.ม	ใช้ได้
5	Magnetic V Block หมายเลข MB 04	ค่าความเรียบผิวอ้างอิง	0.030 ม.ม	0.003ม.ม	ใช้ได้

ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะมีทั้งหมด 5 ประเภท อันได้แก่ Plug Gauge , เกจวัดมุม,แผ่นเทียบความเรียบ, Go/No Go Gauge , Jigประกอบ ดังแสดงได้ดังตารางที่3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงเครื่องมือวัดลักษณะสมบัติเชิงคุณภาพสำหรับชิ้นงานตัวอย่าง

เครื่องมือวัด	รูป	จุดตรวจสอบที่ใช้
Plug Gauge รหัสเครื่องมือ PG 01		2 วิธีการวัด : นำเครื่องมือมาสอดเข้าไปในรูด้านในของชิ้นงาน ชิ้นงานจะเป็นของดีก็ต่อเมื่อเครื่องมือด้าน GOผ่านเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน แต่ไม่สามารถนำเครื่องมือผ่านบ่าด้าน NoGoได้
เกจวัดมุม รหัสเครื่องมือ VG 01		11 วิธีการวัด : นำเครื่องมือมาทาบกับหัวของชิ้นงาน ชิ้นงานจะเป็นของดีก็ต่อเมื่อ ไม่สังเกตเห็นแสงลอดผ่านบริเวณชิ้นงานกับปากของเกจวัดมุม
แผ่นเทียบความเรียบ รหัสเครื่องมือ RP 01		12 วิธีการวัด :สังเกตสภาพผิวบริเวณหัวของชิ้นงานที่ถูกขึ้นรูป เทียบกับสภาพผิวมาตรฐานตามเกณฑ์ที่ตรวจสอบ ชิ้นงานจะเป็นของดีก็ต่อเมื่อสภาพผิวของชิ้นงาน เรียบกว่าหรือใกล้เคียงกับ สภาพผิวของความเรียบมาตรฐาน
Go ,No Go Gauge รหัสเครื่องมือ TPG 01		15 วิธีการวัด : นำเครื่องมือมาหมุนเข้ากับเกลียวของ Nut ชิ้นงานจะเป็นของดีก็ต่อเมื่อ สามารถหมุนด้าน Go เข้าตลอดช่วงของเกลียว Nut แต่หมุนเกลียวเข้าด้าน NoGO ได้ไม่เกิน 2 เกลียว
Jig ประกอบ รหัสเครื่องมือ AJ01		22 วิธีการวัด : นำชิ้นงานมาประกอบกับ Jig ชิ้นงานจะเป็นของดีก็ต่อเมื่อสามารถประกอบเข้ากับ Jig ได้โดยง่าย

สำหรับการสอบเทียบเครื่องมือวัดก่อนการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดนั้น ได้จัดทำขึ้นในวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2543 โดยมีผลการสอบเทียบดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะที่ใช้ในการทดลอง

เลขที่	ชื่อและหมายเลขของเครื่องมือวัด	เกณฑ์ควบคุม	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่วัดได้	ผลการสอบเทียบ
1	Plug Gauge หมายเลข PG 01	ขนาดด้าน GO ต้น ขนาดด้าน GO ต้น ขนาดด้าน GO ต้น ขนาดด้าน No Go ต้น ขนาดด้าน No Go กลาง ขนาดด้าน No Go ปลาย	1.45 (-0,+ 0.015) ม.ม. 1.55 (+0,-0.015) ม.ม.	+0.006 ม.ม +0.006 ม.ม +0.006 ม.ม -0.002 ม.ม -0.001 ม.ม -0.001 ม.ม	ใช้ได้ ใช้ได้ ใช้ได้ ใช้ได้ ใช้ได้ ใช้ได้
2	แผ่นเทียบมุม 59 องศา หมายเลข AG 01	ขนาดของมุม	59 องศา ±5 ลิบดา	+ 1 ลิบดา 34 วิลิบดา	ใช้ได้
3	แผ่นเทียบมุม 58 องศา หมายเลข AG 02	ขนาดของมุม	58 องศา ±5 ลิบดา	- 1 ลิบดา 20 วิลิบดา	ใช้ได้
4	แผ่นเทียบมุม 57 องศา หมายเลข AG 03	ขนาดของมุม	57 องศา ±5 ลิบดา	+ 2 ลิบดา 24 วิลิบดา	ใช้ได้
5	แผ่นเทียบความเรียบ หมายเลข RPC 01	ค่าความเรียบผิว	3.2±0.16ไมครอน	+0.067 ไมครอน	ใช้ได้
6	Thread Plug Gauge	เส้นผ่านศูนย์กลางด้าน Go (Effective Diameter) ด้าน No Go (Effective Diameter)	11.038 (-0.0175,+0.055) ม.ม 11.2215 (-0.0115,+0.0055) ม.ม	-0.0064 ม.ม +0.0032 ม.ม	ใช้ได้ ใช้ได้
7	Jig ทดสอบการประกอบ หมายเลข CHKJ 13	การทดสอบประกอบกับชิ้นงานต้นแบบ	ประกอบได้	สามารถประกอบได้โดยง่าย	ใช้ได้

4. กำหนดวิธีการทดสอบความสามารถของระบบการวัด ทั้งจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงปริมาณ และลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ

จากรูปที่ 2.2 แผนภูมิในการเลือกเครื่องมือในการทดสอบาการวิเคราะห์ระบบการวัดประกอบกับเงื่อนไขของโรงงานกรณีศึกษา และขอบเขตในการศึกษา สามารถกำหนดวิธีการทดสอบความสามารถของระบบการวัดได้ดังนี้

- **จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงปริมาณ 16 จุดตรวจสอบ** เพื่อศึกษาความแม่นยำของระบบการวัด เนื่องจากสามารถทำการวัดซ้ำและทำการวัดอย่างสุ่มได้ และมีชิ้นงานมากกว่า 300 ชิ้นในการทดสอบ และมีเวลาในการทดสอบ ประกอบกับต้องการแยกความแม่นยำออกเป็นความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน แต่ไม่มีความสงสัยในความแปรปรวนร่วมระหว่างชิ้นงานกับพนักงาน ดังนั้นจะทำการทดสอบโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย(Average and Range Method) โดยประกอบกับการวิเคราะห์ด้วยกราฟ
- **จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ 6 จุดตรวจสอบ** เพื่อศึกษาความเที่ยงตรงและความแม่นยำของระบบการวัด เนื่องจากสามารถทำการวัดซ้ำและทำการวัดอย่างสุ่มได้ แต่มีชิ้นงานในการทดสอบน้อยกว่า 300 ชิ้น เนื่องจากไม่สามารถหาชิ้นงานที่ไม่ผ่านเกณฑ์ของข้อกำหนดได้ในจำนวนมาก ดังนั้นจะทำการทดสอบโดยใช้วิธีสั้น (Short Method)

สำหรับจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงปริมาณในการทดลองเพื่อวิเคราะห์ระบบการวัดของชิ้นงานตัวอย่างนั้นพบว่า สามารถกำหนดเงื่อนไขในการทดลองตามการตรวจสอบของแต่ละจุดตรวจสอบได้ดังนี้

1. จุดตรวจสอบที่มีการวัดระหว่างการผลิต และในขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย จำนวน 10 จุดตรวจสอบ ซึ่งเป็นกลุ่มจุดตรวจสอบที่มีการวัดโดยพนักงานแผนกผลิตและพนักงานแผนกประกันคุณภาพ ดังนั้นจะทำการทดสอบเปรียบเทียบเงื่อนไขความสามารถในการทำเหมือนระหว่างพนักงานทั้ง 2 แผนกโดยใช้พนักงานจากแผนกละ 1 คน ซึ่งได้แก่จุดตรวจสอบที่ 3,4,5,6,7,8,9,10,13 และ 14
2. จุดตรวจสอบที่มีการวัดในขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานขั้นสุดท้ายเท่านั้น จำนวน 6 จุดตรวจสอบ ซึ่งจะมีการวัดโดยเฉพาะแต่พนักงานแผนกประกันคุณภาพ ซึ่งเป็นจุดตรวจสอบที่ใช้เครื่องมือวัดประเภทไฮเกจ โดยใช้คู่กับอุปกรณ์จับยึดที่มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ ดังนั้นจะทำการทดสอบความสามารถในการทำเหมือนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้อุปกรณ์จับยึด 2 แบบ ซึ่งได้แก่จุดตรวจสอบที่ 16,17,18,19,20 และ 21

สำหรับจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ ซึ่งผลการตรวจสอบมีเพียง 2 แบบ คือ ผ่าน และ ไม่ผ่าน ซึ่งเป็นจุดตรวจสอบที่มีการวัดในระหว่างการผลิต และการตรวจสอบขั้นสุดท้าย ดังนั้นจะทำการเปรียบเทียบความสามารถในการตัดสินใจพิจารณาคุณภาพของชิ้นงานของพนักงานแผนกผลิตและประกันคุณภาพอย่างละ 1 คน โดยศึกษาทั้งในความเที่ยงตรงของผลการพิจารณาและความแม่นยำของการตัดสินใจ

5. ทำการทดสอบตามวิธีการทดสอบตามข้อ 4 โดยบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่ได้จัดทำขึ้น หลังจากนั้นทำการคำนวณตัวแปรต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำของระบบการวัด โดยใช้วิธี ค่าเฉลี่ยและพิสัย (ดูได้ในภาคผนวก ก3)
6. วิเคราะห์และประเมินผลความสามารถและความเหมาะสมของระบบการวัด จะทำการแยกตามประเภทของจุดตรวจสอบดังนี้
   6.1 จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงปริมาณ จากการกำหนดวิธีการทดสอบโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method) จะดำเนินการจัดทำสูตรการคำนวณเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Program Excel โดยทำการศึกษาในความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน แล้วสรุปเป็นค่าความแม่นยำของระบบการวัดโดยรวมเทียบกับค่าคาดเคลื่อนอนุโลมในแต่ละจุดตรวจสอบ โดยเกณฑ์ในการประเมินผลอยู่ที่ค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดโดยรวม (%GR&R) ไม่เกิน 30% เทียบกับค่าคาดเคลื่อนอนุโลม
   6.2 จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ ทำการศึกษาในคุณสมบัติทางด้านความเที่ยงตรงและความสม่ำเสมอในการพิจารณาผลการตรวจสอบ โดยสำหรับความเที่ยงตรงนั้น จะทำการวิเคราะห์โดยใช้ดัชนี %ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ และ % ประสิทธิผลด้านความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ และสำหรับการทดสอบความแม่นยำ จะทำการวิเคราะห์โดยใช้ดัชนี %ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานตรวจสอบ %ประสิทธิผลด้านความสามารถในการทำซ้ำของการตรวจสอบ โดยเกณฑ์ในการประเมินผลอยู่ที่ 100 % ทุกดัชนี เพื่อป้องกันปัญหาไม่ให้ไปถึงมือลูกค้า
7. ทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความไม่เป็นไปตามข้อกำหนด และจัดทำแผนการปรับปรุง เพื่อกำจัดหรือลดสาเหตุพิเศษต่างๆของระบบการวัด โดยในการวิเคราะห์สาเหตุนั้น จะทำโดยผ่านทีมงานซึ่งประกอบด้วยหัวหน้างานของแผนกประกันคุณภาพเป็นหัวหน้าทีม และมีสมาชิกเป็นพนักงานในแผนกประกันคุณภาพและแผนกผลิตผู้ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ โดยมีผู้จัดทำวิทยานิพนธ์เป็นผู้ประสานงาน โดยภายหลังจากการเก็บข้อมูลแล้วจะมีการประชุมเพื่อชี้แจงข้อมูล และร่วมกันนำเสนอความคิดเห็นเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ไขปัญหา หลังจากนั้นจะร่วมกันเสนอแผนการปรับปรุง และดำเนินการตามแผนดังกล่าว

8. จัดทำมาตรฐานการทำงานตามแนวทางที่ทำการปรับปรุง เพื่อให้พนักงานมีมาตรฐานในการวัดที่ถูกต้องและเหมือนกัน โดยภายหลังจากการจัดทำมาตรฐานแล้ว จะมีการอบรมพนักงานให้สามารถปฏิบัติตามมาตรฐานได้อย่างเชี่ยวชาญ
9. ภายหลังการปรับปรุง ทำการทดสอบ วิเคราะห์ผล และประเมินผลระบบการวัดอีกครั้งหนึ่ง
10. สรุปผลการปรับปรุงระบบการวัด