หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

รายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงาน

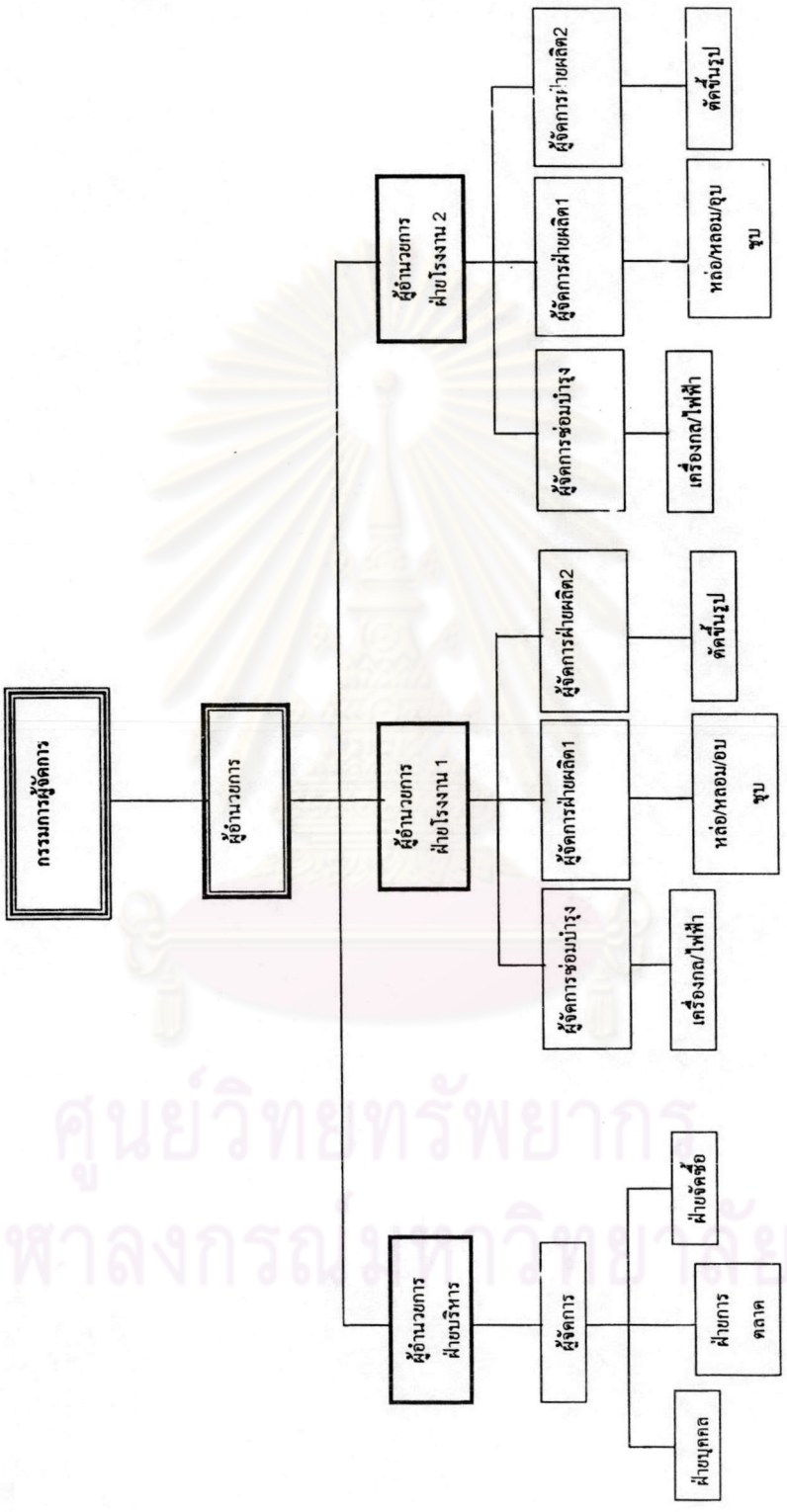
โรงงานตัวอย่างชื่อ บริษัทเออาทีปิสตัน จำกัด ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2502 ในเขตมีนบุรี กรุงเทพมหาครแห่งนี้ เป็นบริษัทร่วมทุนระหว่างบริษัทอาร์ดประเทศญี่ปุ่น และบริษัทเสรีวัฒนา ประเทศไทย โรงงานตั้งอยู่ที่ นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง เลขที่ 221 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 และที่เลขที่ 888 ถนน รามาอินทรา เขต มีนบุรีกรุงเทพฯ

โรงงานตัวอย่างเป็นผู้ผลิตลูกสูบรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์การเกษตรและลูกสูบรถยนต์ ปัจจุบันโรงงานมีพนักงานทั้งสิ้น 430 คน ดำเนินการผลิตแบบ 2 กะ (8 ชั่วโมงต่อกะ) มีกำลังการผลิตลูกสูบโดยรวมประมาณ 8,000 ลูกต่อวัน

3.1.1โครงสร้างองค์กรของบริษัท

โครงสร้างองค์กรของโรงงานตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.1 ประกอบส่วนงานต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยงานการตลาด รับผิดชอบในการรับคำสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้า
2. หน่วยงานจัดซื้อ รับผิดชอบในการจัดหาวัตถุดิบเพื่อมาสนับสนุนการผลิต
3. หน่วยงานบุคคล รับผิดชอบในการคัดสรรบุคลากรที่เหมาะสมเข้ามาทำงานให้โรงงาน
4. หน่วยงานซ่อมบำรุง รับผิดชอบในการดูแลเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต ให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. หน่วยงานหลอม/หล่อ/อบชุบรับผิดชอบในการหลอมอลูมิเนียมเพื่อใช้ในการหล่อการสูบตามแบบหล่อของลูกสูบแต่ละรุ่น และปรับสภาพความแข็งและลดความ เครียดที่ผิวลูกสูบ
6. หน่วยงานตัดขึ้นรูป รับผิดชอบในการตัดขึ้นรูป ลูกสูบหล่อให้ได้ขนาดตามแบบที่ลูกค้ากำหนด
7. หน่วยงานควบคุมคุณภาพ รับผิดชอบในการตรวจสอบวัตถุดิบที่จะนำไปผลิตตรวจสอบลูกสูบที่อยู่ระหว่างกระบวนการผลิต และตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จก่อนที่จะส่งมอบไปยังโรงงานของลูกค้า
8. หน่วยงานประกันคุณภาพ รับผิดชอบในการรับข้อร้องเรียนจากลูกค้าและหาทางแก้ไขและป้องกันไม่ให้ปัญหาเหล่านั้นเกิดขึ้นซ้ำ
9. หน่วยงานระบบคุณภาพ รับผิดชอบในการตรวจสอบควบคุม และประกันคุณภาพวาได้มีการปฏิบัติตามขั้นตอนที่ระบุไว้หรือไม่

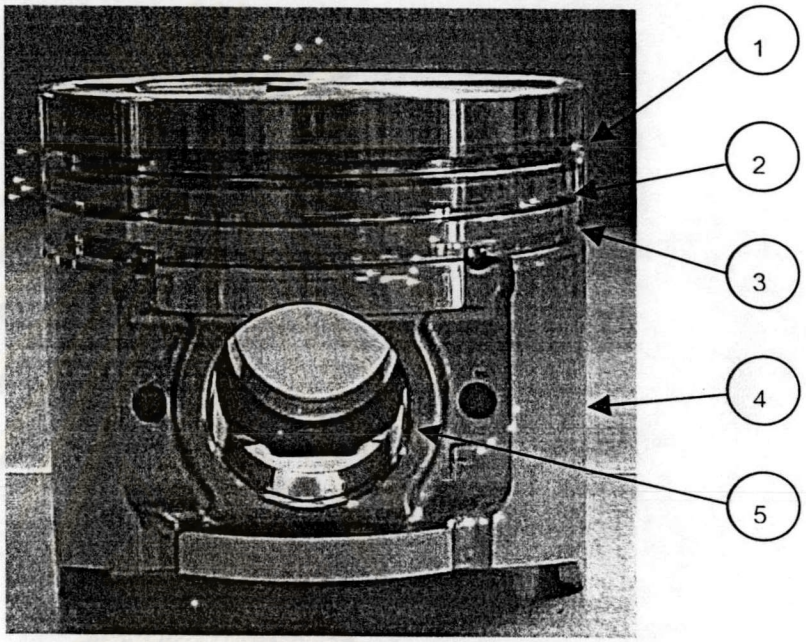


รูปที่ 3.1 ผังองค์กรโรงงานตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 ลักษณะของลูกสูบ

ลูกสูบ คือ ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ที่ใช้อัดส่วนผสมของน้ำมันและอากาศในกระบอกลูกสูบของเครื่องยนต์ทำให้เกิดการจุดระเบิด เป็นตัวส่งถ่ายกำลังไปยังก้านสูบและเพลาข้อเหวี่ยงเพื่อทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ไปได้ ลูกสูบมีรูปลักษณะที่แตกต่างกันไปตามแบบของเครื่องยนต์โดยทั่วไปลูกสูบจะมีส่วนสำคัญๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะทั่วไปของลูกสูบ

1. ร่องแหวน ที่ 1
2. ร่องแหวน ที่ 2
3. ร่องแหวน ที่ 3
4. รูสลักลูกสูบ
5. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกสูบ

3.1.3 ประเภทของลูกสูบ

ลูกสูบสามารถแยกประเภทตามลักษณะของเครื่องยนต์ได้ 2ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ลูกสูบสำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ
2. ลูกสูบสำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

นอกจากนั้นแล้วลูกสูบสำหรับเครื่องยนต์แต่ละประเภทยังสามารถแบ่งออกตามลักษณะของ ยานยนต์ที่เครื่องยนต์เหล่านั้นไปประกอบ ซึ่งแบบออกเป็นประเภทได้ดังนี้

1. ลูกสูบเครื่องยนต์ 4 จังหวะ สำหรับมอเตอร์ไซค์
2. ลูกสูบเครื่องยนต์ 4 จังหวะ สำหรับรถยนต์
3. ลูกสูบเครื่องยนต์ 4 จังหวะ สำหรับเครื่องยนต์การเกษตร
4. ลูกสูบเครื่องยนต์ 2 จังหวะ สำหรับมอเตอร์ไซค์

3.1.4 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตลูกสูบของบริษัทตัวอย่างดังแสดงไว้ในแผนผังกระบวนการผลิตลูกสูบรูปที่ 3.3 โดยประกอบด้วยกระบวนหลักดังนี้

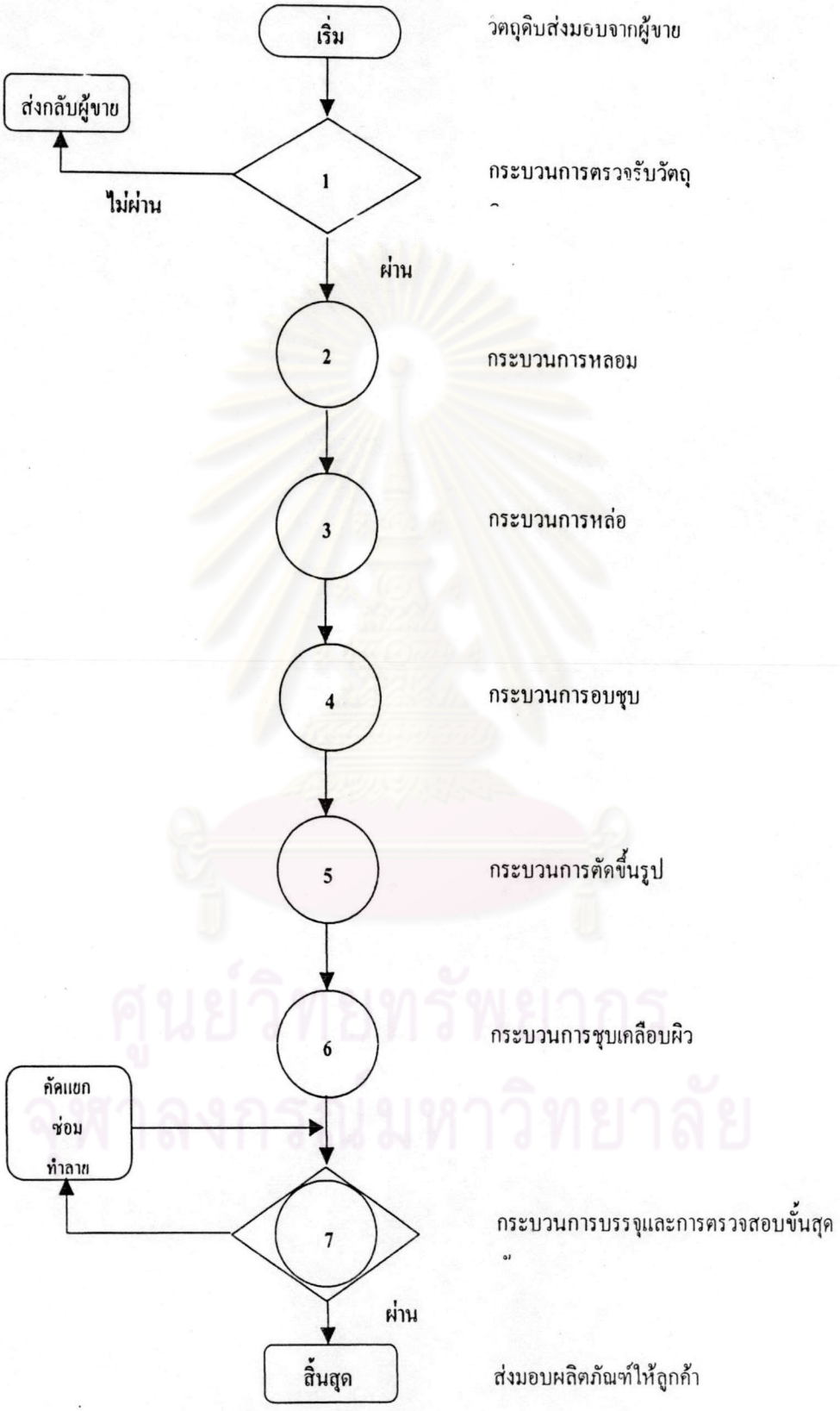
1. กระบวนการตรวจรับวัตถุดิบ ซึ่งได้แก่ Aluminum Ingot, Ring Carrier, Strut
2. กระบวนการหลอมละลายเป็นขั้นตอนการหลอมละลาย Aluminum Ingot ให้เป็นน้ำ Aluminum เพื่อเตรียมไว้สำหรับหล่อลูกสูบ
3. กระบวนการหล่อเป็นขั้นตอนการหล่อลูกสูบจาก Aluminum เหลวจากกระบวนการหลอม การหล่อลูกสูบของโรงงานตัวอย่างเป็นแบบ Cavity Die Casting
4. กระบวนการอบชุบเป็นขั้นตอนการปรับความแข็งของลูกสูบหล่อให้ได้ความมาตราฐานที่ลูกค้ากำหนด
5. กระบวนการกลึงขึ้นรูปเป็นขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปลูกหล่อให้ได้ขนาดต่างๆ ตามแบบที่กำหนดโดยเครื่องจักรต่างๆ เช่น เครื่องกลึง, เครื่องเจาะ หรือเครื่องขัดละเอียด เป็นต้น
6. กระบวนการชุบเคลือบผิวเป็นขั้นตอนการชุบเคลือบผิวของลูกสูบที่ผ่านกระบวนการตัดขึ้นรูปมาแล้วโดยดีบุก เพื่อป้องกันการเป็นสนิมขณะที่ลูกสูบเก็บไว้ในคลังสินค้าและระหว่างนำไปยังโรงงานประกอบรถยนต์
7. กระบวนการบรรจุและตรวจสอบขั้นสุดท้ายเป็นขั้นตอนในการวัดขนาดลูกสูบสำเร็จตามจุดตรวจสอบต่างๆ ตามมาตราฐานที่ลูกค้ากำหนดเพื่อคัดแยกขนาดและบรรจุในบรรจุภัณฑ์ของลูกสูบแต่ละเบอร์ให้ถูกต้อง ก่อนจัดเก็บเข้าคลังสินค้าและจัดส่งให้ลูกค้าต่อไป

ตามที่แสดงในรูปที่3.3ที่ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดคุณลักษณะพิเศษ ขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" (Basic Diameter) ของลูกสูบเป็นกระบวนการที่มีปัญหาปริมาณของเสียในส่วนของ " ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" ออกนอกค่าอนุโลมที่กำหนดโดยลูกค้าตามที่นำเสนอไว้ในบทที่1 ทั้งยังเป็นจุดที่ลูกค้ากำหนดเป็น"คุณลักษณะพิเศษ" (Special Characteristic) กระบวนการตัดขึ้นรูปประกอบด้วยกระบวน

การย่อย (Sub-process) ดังแสดงในแผนภูมิการไหลกระบวนการรูปที่ 3.4 ประกอบด้วย14 กระบวนการย่อย ดังนี้

1. กระบวนการเจาะรูในและกลึงหยาบเส้นผ่าศูนย์ภายในและนอก
2. กระบวนการการกลึงหยาบเส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณ Land
3. กระบวนการเจาะรูน้ำมัน
4. กระบวนการเจาะรูน้ำมันที่ร่องแหวน
5. กระบวนการกลึงร่องแหวนบน
6. กระบวนการกลึงร่องแหวนที่ 3 และ 3 และกลึงปาดหน้าลูกสูบ
7. กระบวนการคว้านหยาบรูสลักลูกสูบ
8. กระบวนการกลึง
9. กระบวนการคว้านละเอียดรูสลักลูกสูบ
10. กระบวนการคว้านร่องแหวน รูสลักลูกสูบ และการขัดละเอียดรูสลักลูกสูบ
11. กระบวนการขัดละเอียดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตราฐานของลูกสูบ
12. กระบวนการตัดยันศูนย์
13. กระบวนการลบคมลูกสูบ
14. กระบวนการส่งต่อไปยังกระบวนการชุบเคลือบผิว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 แผนภูมิการไหลกระบวนการผลิตลูกสูบ

รูปที่ 3.4 แผนภูมิการไหลกระบวนการตัดขึ้น

3.2 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นก่อนการปรับปรุง

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ตามที่ระบุไว้ในบทที่ 1 คือ

1) มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคนิค SPC เพื่อวิเคราะห์และควบคุมกระบวนการผลิตลูกสูบ
2) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัด ซึ่งมีผลต่อเทคนิค SPC ที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตลูกสูบ ดังนั้นผู้จัดทำวิทยานิพนธ์จึงได้ออกแบบสำรวจสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างในส่วนผลิต 2 เพื่อนำข้อมูลเบื้องต้นที่สำรวจได้นำมาวางแผนการเก็บข้อมูลวิจัยต่อไป

จากแบบสำรวจสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่าง ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อมูลเบื้องต้นออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้

1) ข้อมูลเกี่ยวกับบุคคล (ตารางที่ 3.1)
2) ข้อมูลกับผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 3.2)
3) ข้อมูลเครื่องจักร (ตารางที่ 3.3)
4) ข้อมูลเกี่ยวกับการวัด (ตารางที่ 3.4)

บริษัทตัวอย่างที่เข้าไปดำเนินการวิจัย คือ ในส่วนโรงงานที่ 2 ตามแผนผังองค์กรรูป 3.1 ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง โรงงานนี้บริษัทใช้ดำเนินการผลิตลูกสูบรถยนต์ 4 จังหวะเท่านั้น ส่วนโรงงานที่ 1 ดำเนินการผลิตลูกสูบรถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะรวมทั้งลูกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะการเกษตรกระบวนการผลิตลูกสูบรถยนต์ของโรงงานตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. <u>กระบวนการหลอม / หล่อ / อบชุบ</u> ขั้นตอนการปฏิบัติงานในกระบวนการนี้ ทางบริษัทถือเป็นความลับไม่อนุญาตให้บุคคลภายนอกเข้าไปภายในสายการผลิตของกระบวนการได้ก่อนได้รับอนุญาตอย่างเป็นทางการดังนั้นการเข้าไปดำเนินการวิจัยเพื่อหาข้อเสนอการปรับปรุงในกระบวนการผลิตส่วนนี้ไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากการปรับปรุงใดๆ ก็ตามที่ผู้ดำเนินการวิจัยอาจจำเป็นต้องนำเสนอต่อบริษัทตัวอย่างอาจต้องมีมากหรือน้อยที่ต้องทำการปรับปรุงกระบวนการ โดยการที่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการ ซึ่งอาจมีผลกระทบโดยทางตรงหรือทางอ้อมกับคุณภาพลูกสูบ ฉะนั้นทางบริษัทจึงขอสงวนสิทธิ์ที่จะให้ผู้ดำเนินงานวิจัยเข้าไปดำเนินงานวิจัยในโรงงานแห่งนี้ ในกระบวนการผลิตอื่น
2. <u>กระบวนการกลึงขึ้นรูป</u> ขั้นตอนการปฏิบัติในกระบวนการนี้ มีหลายขั้นตอนย่อยดังแสดงในรูป 3.3 และ 3.4 งานวิจัยนี้จะดำเนินการเก็บข้อมูล, วิเคราะห์, หาวิธีการปรับปรุง และเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง เพื่อวิเคราะห์ว่า แนวทางการแก้ไขปรับปรุงต่างๆ

สัมฤทธิ์ผลหรือไม่ ผู้ดำเนินงานวิจัยจะดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่โรงงาน 2 ที่กระบวนการกลึงขึ้นรูป

ชื่อพนักงานคุมเครื่อง/ชัดลูกปูน	หมายเลขเครื่องจักร	บริเวณที่ทำงาน	คุณลักษณะที่วัด / ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ	หมายเลขผลิตภัณฑ์	รุ่นของผลิตภัณฑ์	วุฒิการศึกษา	อายุงาน	เพศ
L043 นิภาพร ,L728 บุญรัตน์	M186	สายการผลิตที่ 1	ขัดละเอียด	13211-05030	2L	ม 6	3	ชาย
L677 วิทยา ,L884 วุฒิพงศ์	M185	สายการผลิตที่ 2	ขัดละเอียด	13211-05020	5L	ม 6	3	ชาย
L614 สามารถ ,L715 พิรมภ์	M163	สายการผลิตที่ 3	ขัดละเอียด	13211-05030	122F	ม 6	4	ชาย
C548 วรรณา ,L517 ชัยพงศ์	M331	สายการผลิตที่ 4	ขัดละเอียด	13211-0D050	3ZZ	ม 6	5	ชาย
L878 สุดศดา ,L766 พินโย	M372	สายการผลิตที่ 5	ขัดละเอียด	13211-02080	508T	ม 6	6	ชาย
L202 ชูชาติ	M136	สายการผลิตที่ 1	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-05030	2L	ม 6	2	ชาย
L202 ชูชาติ	M185	สายการผลิตที่ 2	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-05020	5L	ม 6	4	ชาย
L202 ชูชาติ	M163	สายการผลิตที่ 3	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-05030	122F	ม 6	3	ชาย
T207 ไพวัลย์	M331	สายการผลิตที่ 4	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-0D050	3ZZ	ม 6	2	ชาย
T130 ต่อพงศ์	M372	สายการผลิตที่ 5	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-02080	508T	ม 6	4	ชาย

ตารางที่ 3.1ข้อมูลเกี่ยวกับบุคคล

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงาน

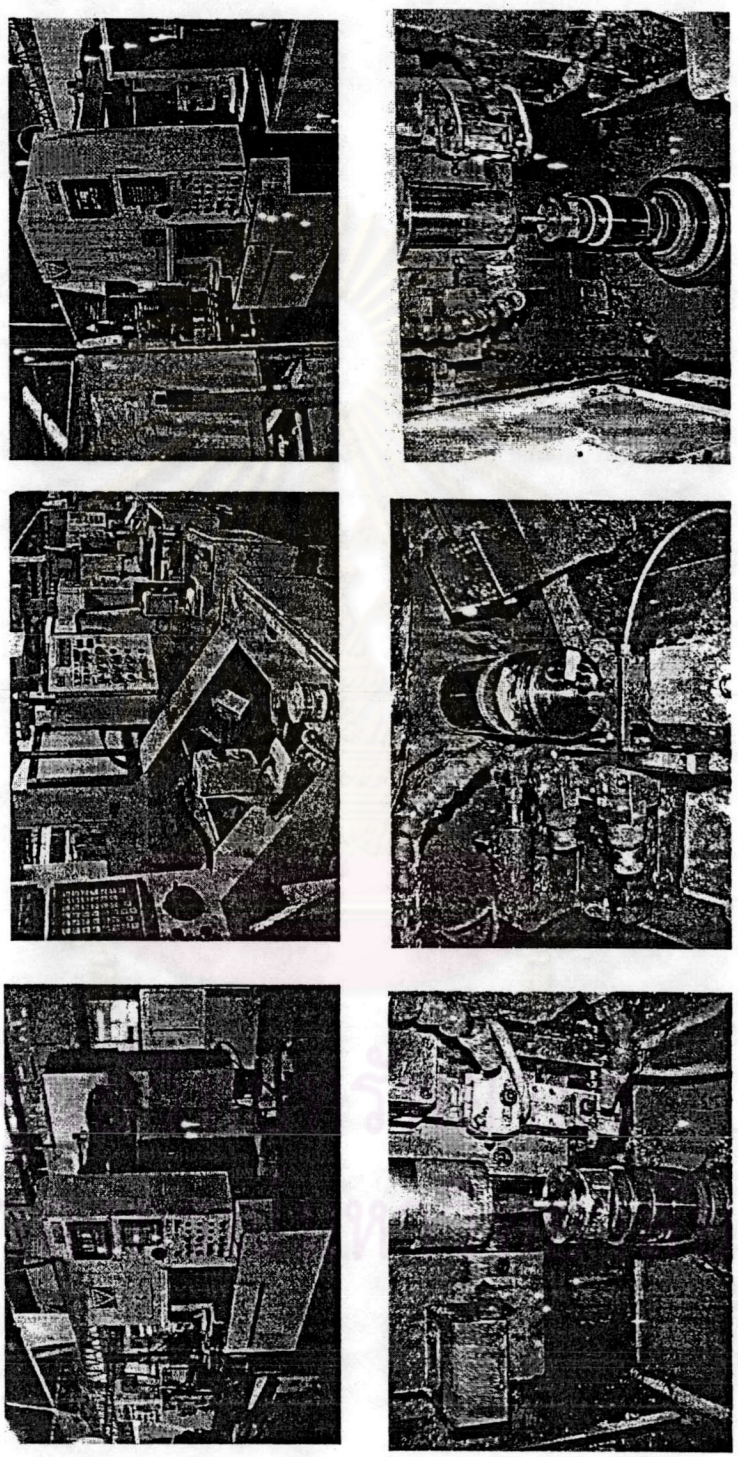
ยี่ห้อรถยนต์	หมายเลขชิ้น	รุ่นรถยนต์	ขนาดมาตรฐาน	ค่าพิกัดความเผื่อ	สายการผลิต
A	13211 -05010	2L	91.950	+0.00/+0.01	1
	13211 - 05020	5L	99.460	+0.00/+0.01	2
	13211 -02080	508T	78.625	+0.00/-0.01	3
	133211 -05030	122F	91.950	+0.00/+0.01	4
	13211 -0D050	3ZZ	78.910	+/-0.005	5
B	13211-4D56	4D56	91.10	0.4	6
	13211-4G18	4G18	76.00	0/-0.03	7
C	13211-WLE7	WLE7	92.964	+/-0.013	8
	13211-J97	J97	91.960	+/-0.013	9
D	13211-REAA	REAA	73.000	-0.010/-0.020	10
	13211-EK	EK	75.000	-0.010/-0.025	10

สายการผลิต	ชนิดเครื่องจักร	หมายเลขเครื่องมือ	ตัดด้วยเครื่องมือ	ระบบหล่อเย็น	ระบบหล่อลื่นน้ำมันตัด	ติดตั้งกับเครื่องจักร	ระบบควบคุมการทำงาน	มาตรฐานการใช้งาน
สายการผลิตที่ 1	NC latch	M186	Insert carbide	✓	✓	✓	✓	✓
สายการผลิตที่ 2	NC latch	M185	Insert carbide	✓	✓	✓	✓	✓
สายการผลิตที่ 3	NC latch	M163	Insert carbide	✓	✓	✓	✓	✓
สายการผลิตที่ 4	NC latch	M331	Insert carbide	✓	✓	✓	✓	✓
สายการผลิตที่ 5	NC latch	M372	Insert carbide	✓	✓	✓	✓	✓

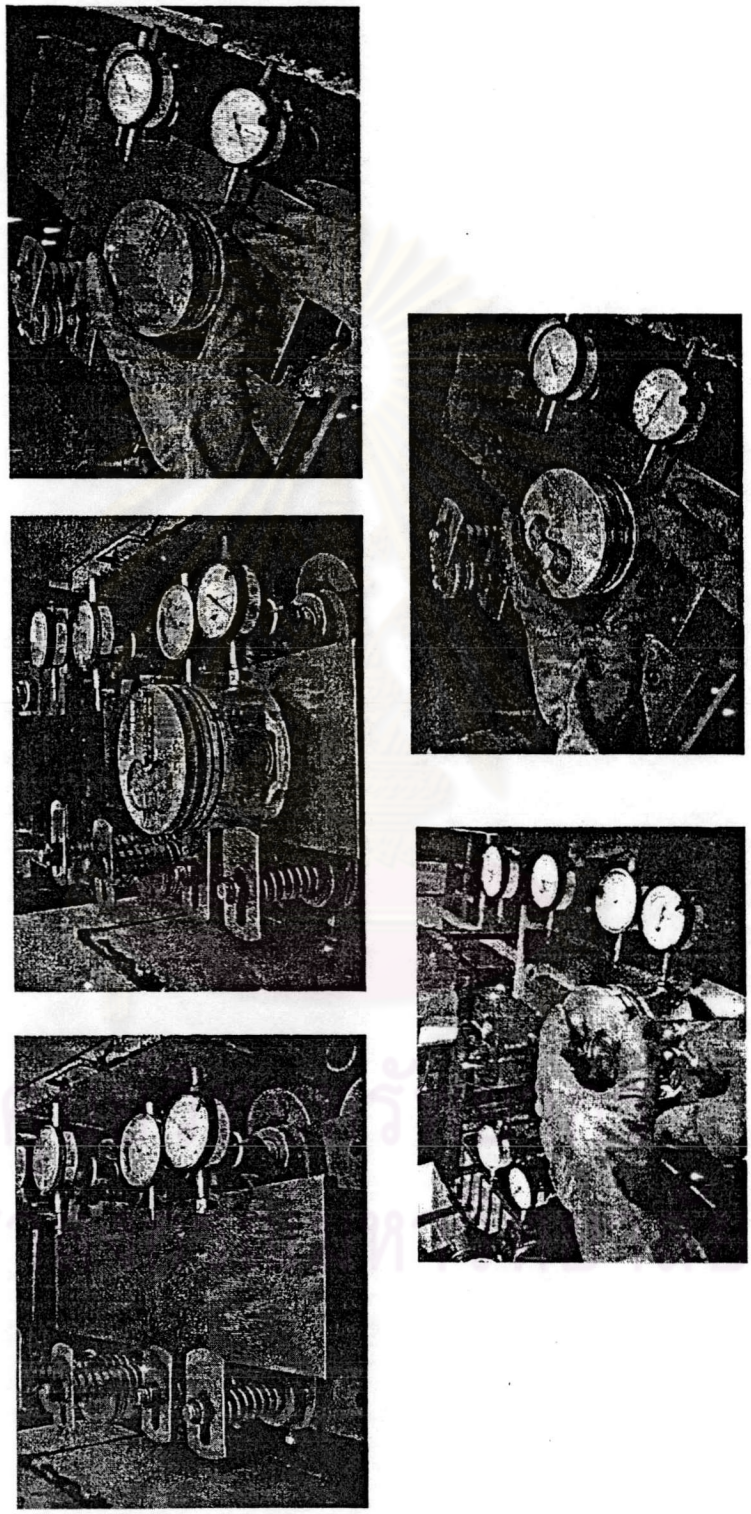
ตารางที่ 3.3ข้อมูลเครื่องจักร

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลเกี่ยวกับการวัด

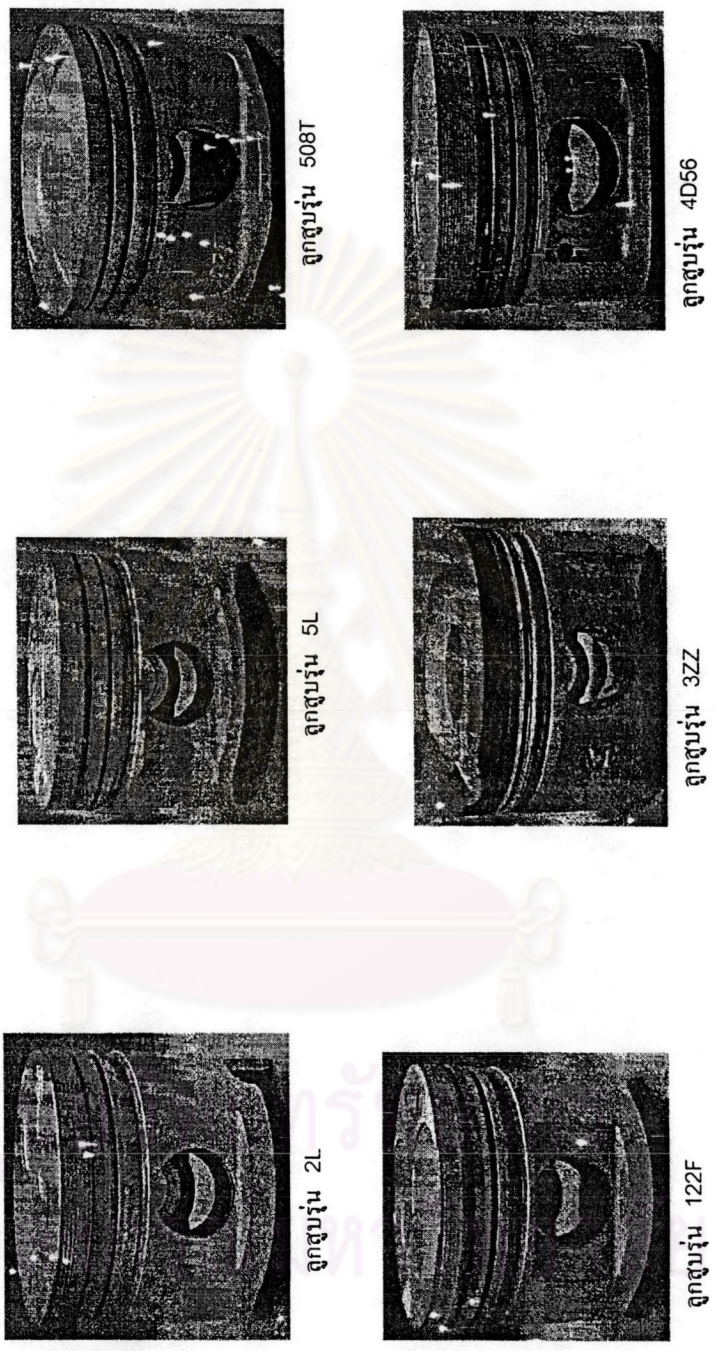
รายการ	ชื่อเครื่องมือวัด	หมายเลขเครื่องมือ	ลักษณะการใช้งาน		บริเวณที่ใช้งาน	คุณลักษณะที่วัด	รุ่นของผลิตภัณฑ์	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance)	ความละเอียดของเครื่องมือวัด	ความถี่ในการสอบเทียบ	สอบเทียบครั้งสุดท้าย
			สอบเทียบ	วัดคุณลักษณะ								
1	Dial Gauge	ID.NO.DT.155		✓	สายการผลิตที่ 1	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	2L	13211-05030	0 ~ 0.030	0.001	ทุก 6 เดือน	22 / 07 / 02
3	Dial Gauge	ID.NO.DT.334		✓	สายการผลิตที่ 2	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	5L	13211-05020	0 ~ 0.030	0.001	ทุก 6 เดือน	29 / 07 / 02
4	Dial Gauge	ID.NO.DT.307		✓	สายการผลิตที่ 3	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	122F	13211-05030	0 ~ 0.030	0.001	ทุก 6 เดือน	28 / 07 02
5	Dial Gauge	ID.NO.DT.338		✓	สายการผลิตที่ 4	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	3ZZ	13211-0D050	-5 ~ 5	0.001	ทุก 6 เดือน	10 / 07 02
6	Dial Gauge	ID.NO.DT.319		✓	สายการผลิตที่ 5	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	508T	13211-02080	-20 ~ 10	0.001	ทุก 6 เดือน	16 / 08 / 02
7	CALIBRATION TESTER	ID.NO.CT.02	✓		ห้องสอบเทียบ	สอบเทียบ Dial gauge	Dial 1/1000	ID.NO.DT.010	0.001	0.0002	ทุก 2 ปี	19 / 10 / 01
9	Dial Gauge (0.0005 mm.)	ID.NO.DT.340		✓	สายการผลิตที่ 1,2,3,4 และ 5	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก			0 ~ 0.030	0.0005	ทุก 6 เดือน	19 / 10 / 01
11	Master Piston	ID.NO.MC.2L	✓		สายการผลิตที่ 1	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	2L	13211-05030		0.001	ทุกเดือน	15 / 12/ 02
12	Master Piston	ID.NO.MC.5L	✓		สายการผลิตที่ 2	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	5L	13211-05020		0.001	ทุกเดือน	15 / 12/ 02
13	Master Piston	ID.NO.MC.122F	✓		สายการผลิตที่ 3	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	122F	13211-05030		0.001	ทุกเดือน	15 / 12/ 02
14	Master Piston	ID.NO.MC.3ZZ	✓		สายการผลิตที่ 4	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	3ZZ	13211-0D050		0.001	ทุกเดือน	15 / 12/ 02
15	Master Piston	ID.NO.MC.508T	✓		สายการผลิตที่ 5	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	508T	13211-02080		0.001	ทุกเดือน	15 / 12/ 02



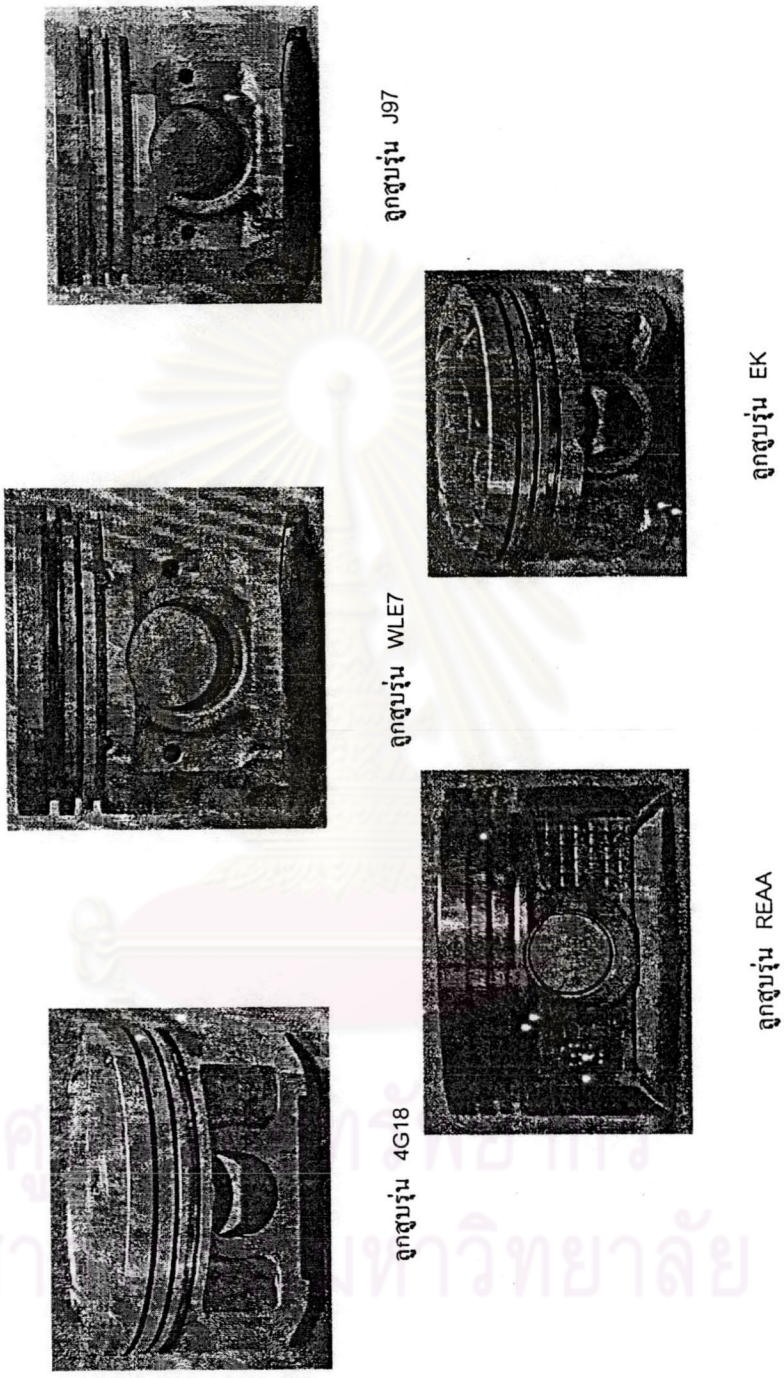
รูปที่ 3.5 แสดงเครื่องจักรในกระบวนการกลึงละเอียด



รูปภาพที่ 3.6 แสดงอุปกรณ์การวัดและวิธีการวัดขนาดลูกสูบ



รูปภาพที่ 3.7 (ก) แสดงรุ่นของลูกสูบ



รูปภาพที่ 3.7 (ข) แสดงรุ่นของลูกสูบ

จากตารางที่ 3.2 พบว่าโรงานตัวอย่างมีสายการผลิตกระบวนการขึ้นรูปอยู่ทั้งหมด 10 สายการผลิต ลูกค้าหลักที่โรงานตัวอย่างส่งมอบลูกสูบรถยนต์ 4 จังหวะให้ได้

2.1 A Co, Ltd.

2.2 B Co, Ltd.

2.3 C Co. Ltd.

2.4 D Co, Ltd.

สายการผลิตทั้งหมด 10 สายของบริษัทตัวอย่างมี 5 สายใช้สำหรับผลิตลูกสูบเฉพาะลูกค้า Toyota โดยเฉพาะเท่านั้น การผลิตนั้นดำเนินการผลิต 2 กะ ครอบคลุมการทำงานตลอด 24 ชั่วโมงเนื่องจากลูกค้า A Co.,Ltd ออกใบสั่งซื้อลูกสูบรถยนต์ 4 จังหวะมาที่โรงงานตัวอย่างเป็นปริมาณมาก คือประมาณ 70,000 ถึง 80,000 ลูกต่อเดือน ด้วยเหตุนี้ผู้ดำเนินการวิจัยจะมุ่งเน้นที่จะดำเนินงานวิจัยที่สายการผลิตทั้ง 5 สำหรับลูกค้า A Co.,Ltd ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ซึ่งจะทำให้สามารถเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่องทั้งก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การประยุกต์เทคนิค SPC (Statistical Process Control) มาใช้วิเคราะห์ควบคุมกระบวนการให้มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริงนั้นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อเทคนิค SPC ทำการปรับปรุงปัจจัยต่างๆ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อทำให้เทคนิคSPC ประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้เทคนิค SPC เพื่อควบคุมกระบวนการมีดังนี้

1) บุคคล (Men)

2) เครื่องจักร (Machine)

3) วิธีการ (Method)

4) วิธีการวัด (Measurement)

ปัจจัยทั้งสี่ที่กล่าวนี้มีผลโดยตรงต่อการควบคุมกระบวนการกล่าว คือ ถ้าปัจจัยทั้งสี่มิได้ถูกควบคุมอย่างดีพอจะทำให้กระบวนการผลิตมีความผันแปรหรือกระจายมากกว้างมากเกินไป ซึ่งอาจทำให้ลูกสูบที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดผ่านไปสู่ลูกค้าของบริษัทได้

ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ได้เสนอแนวทางขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์ควบคุมกระบวนการโดยใช้เทคนิค SPC โดยขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุงได้แบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้

1) ขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุงควบผันแปรในระบบการวัดคุณลักษณะเฉพาะของลูกสูบ โดยเน้นที่เทคนิคการวิเคราะห์ค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และการวิเคราะห์ความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ดังรูปที่ 3.8 ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตัดปัจจัยความผันแปรเนื่องจากระบบการที่มีผลต่อการตัดสินใจปรับปรุงความสามารถของเครื่องจักรและความสามารถของการควบคุมกระบวนการ (C_p, C_{pk})

2) ขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุงความสามารถของเครื่องจักรและความสามารถของกระบวนการ (C_p, C_{pk}) ดังรูปที่ 3.9 ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะประยุกต์ใช้เทคนิค SPC ที่เหมาะสมเพื่อควบคุมและเฝ้าตรวจติดตามคุณลักษณะเฉพาะของลูกสูบที่พบมีปัญหาด้านคุณภาพและเป็นจุดที่มีความสำคัญต่อลูกค้าของโรงงานตัวอย่าง เพื่อเป็นการประกันคุณภาพให้ลูกค้าว่าจะไม่มีลูกสูบที่ค่าคุณลักษณะเฉพาะมีค่าออกนอกค่าอนุโลมถูกจัดส่งไปยังโรงงานของลูกค้า

3.3.1 รายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุงความผันแปรของระบบการวัด

1. เลือกคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษาความผันแปรของระบบการวัดโดยพิจารณาตามเงื่อนไขตัวอย่างต่อไป

   ก) คุณลักษณะเฉพาะที่กำหนดโดยลูกค้า

   ข) คุณลักษณะที่มีค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance) ที่แคบๆ

   ค) คุณลักษณะที่ต้องควบคุมกระบวนโดยเทคนิค SPC

   ง) คุณลักษณะที่ผู้วัด, วิธีการ, เครื่องมือหรือสภาพแวดล้อมมีส่วนให้เกิดความผันแปรในระบบการวัด

งานวิจัยนี้ผู้จัดทำกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของลูกค้าที่ต้องศึกษาความผันแปรของระบบการวัดโดยพิจารณาตามเงื่อนไขหัวข้อ (ค) (คุณลักษณะที่ต้องควบคุมกระบวนการโดยเทคนิค SPC) เพื่อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของลูกสูบที่จะทำการประยุกต์เทคนิค SPC ผู้ดำเนินงานวิจัยได้นำบันทึกคุณภาพเรื่องของเสียที่ตรวจพบในกระบวนการผลิตในขั้นตอนการตัดขึ้นรูป ช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม 2545 ของสายการผลิตที่ 1 ถึง 5 ซึ่งผลิตลูกสูบ 4 จังหวะสำหรับรถยนต์ให้ลูกค้า A Co.,Ltd เป็นประจำอย่างต่อเนื่องมาวิเคราะห์เพื่อระบุคุณลักษณะเฉพาะของลูกสูบที่มีปัญหาด้านคุณภาพที่จำเป็นต้องปรับปรุง

จากข้อมูลบันทึกคุณภาพในขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม 2545 ผู้ดำเนินงานวิจัยนำมาจัดเป็นประเภทความบกพร่องของลูกสูบแต่ละรุ่นดัง

แสดงในตารางที่ 3.5 เพื่อให้เห็นแนวโน้มของปัญหาด้านคุณภาพในช่วงดังกล่าวชัดเจนขึ้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากตารางที่ 3.5 มาแสดงในรูปของกราฟดังรูปที่3.10 เพื่อแสดงถึงปริมาณของเสียแต่ประเภทที่เกิดขึ้นในช่วงห้าเดือนที่ผ่านมานั้น

2. ขั้นตอนการพิจารณาว่าคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหาต้องการควบคุมกระบวนการโดยเทคนิค SPC มีคุณลักษณะที่สามารถวัดค่าเป็นเชิงตัวเลข (Variable Data) หรือว่าเป็นเชิงตรวจนับ (Attribute Data) เช่น ดี หรือเสีย ผ่านหรือไม่ผ่าน เป็นต้น งานวิจัยนี้จะศึกษาการวัดที่วัดค่าเป็นเชิงตัวเลขเนื่องจากขั้นตอนที่ 1 เมื่อใช้ Parato Diagram วิเคราะห์ปัญหาด้านคุณภาพพบว่าคุณลักษณะในขั้นตอนการตัดขึ้นที่เป็นปัญหาหลัก คือ ค่าคุณลักษณะเฉพาะขนาด " เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐานภายนอก" มีค่าออกนอกค่าอนุโลม เพราะเปอร์เซ็นต์ของปัญหาของค่าคุณลักษณะ "ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐานภายนอก" มีค่ามากที่สุดคือ 19.38 เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์ปัญหาด้านคุณภาพของคุณลักษณะอื่นๆของลูกสูบที่กระบวนการกลึงขึ้นรูปดังแสดงในรูปที่ 3.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการ	ช่วงเวลา		2545														
			มิถุนายน					กรกฎาคม					สิงหาคม				
	สายการผลิต	รหัสของเสีย	1	3	2	4	5	1	3	2	4	5	1	2	3	4	5
	รุ่นลูกสูบ		2L	122F	5L	3ZZ	508T	2L	122F	5L	3ZZ	508T	2L	5L	122F	3ZZ	508T
1	เสียค่า BASIC DIA	M32	8	11	90	10		7	70	7	4	85	11	11	8	45	30
2	ผิวเป็นรอยกระแทกใน LINE	M41	28	8	22	21		26	6	19	37	50	29	24	20	21	25
3	รอยขีดข่วนผิวร่องแหวน	M10	23		-	16		11	1	5	54	2	10	1	1	60	4
4	เป็นรอยเศษ CHIP ในรูสลัก	M58	7	1		27	1	5	1	1	26	11	6			41	9
5	ผิวรูสลักด่างคว้านไม่หมด	M59	3	1	1	6		4			2	12	11	3		9	27
6	เสียผิว SKIRT เป็นเส้นจากการกลึง	M39	67	4		11		8	3		11	1	12		3	12	2
7	เสียความโตแลนด์	M34	5	1				4	1			61	3	2			
8	ผิวรูสลักเป็นเส้น	M26	9	1		10			1	1	4	2	3			49	16
9	เสียเจาะออยริง	M05		2	4						1	17	2	3	4	4	40
10	เสียผิว SKIRT ด่าง	M40	2			6		2		2	5				7	5	1
11	ตกแต่งเสีย	M54				2				10		4	5		11		6
12	พินเฮด	M55	3		3					4			3	1			
13	เสียตัดจุก	M45				3		2			1	5	3			12	7
14	ขุบผิวเสีย	M51	2	1	1							1					
15	เสียแชมเฟอร์แลนด์	M48						3	5	12	2	7	5			2	3
16	เสีย COLOR CHECK	M64															
17	ความกว้างแหวนสลัก	M18			1				5						33		
18	เสียเจาะพินออย	M04	2	1	1		5	1	1		4	6					1
19	ความเหวี่ยงแหวนสลัก	M19				1		2		1		1	5				12
20	เสียแชมเฟอร์หัว	M47		1				2	1			9					
21	รอยขีดข่วนผิวรูสลัก	M27	1		1	1		1	5	1		10			1		
22	ความโตรูสลัก	M22				3					2			1	2		
23	เสียตั้งเครื่อง	M56						7			2	2					
24	เสียต้นเครื่อง	M01				3		2				1		2	2	2	2
25	เสียตอกเบอร์	M46	2	1						2		1	1	2			3
26	เสียความลึกวาล์ว	M21	7										4				
27	ความเอียงร่องแหวน	M09													1		
28	ความเหวี่ยงหัว	M38						1	7								

ตารางที่ 3.5 (ก) ของเสียในกระบวน " การกลึงละเอียด"

รายการ	ช่วงเวลา		2545																
			มิถุนายน					กรกฎาคม					สิงหาคม						
	สายการผลิต	รหัสของเสีย	1	3	2	4	5	1	3	2	4	5	1	2	3	4	5		
	รุ่นลูกสูบ		2L	122F	5L	3ZZ	508T	2L	122F	5L	3ZZ	508T	2L	5L	122F	3ZZ	508T		
29	ผิวเป็นรอยกระแทกใน PACK	M43	1		2						8				1				
30	อื่น ๆ	M00	2						1	2			1						
31	ระยะห่างแหวนสลัก	M17									1								
32	ความสูงร่องแหวน	M08																	
33	เสียปาดหัว	M20																	
34	มีดแหวนแตก	M69				4					1		1	2		1			
35	ความเอียงรูสลัก	M25			4					1	1								
36	เสียปรับเครื่องระหว่างการผลิต	M60																	
37	ความเอียงหน้า BOSSES	M30			1														
38	ลูกสูบตก	M50						3											
39	เสียความสูง	M62										2				1			
40	เสียกัดวาล์ว	M71			1	2		3											
41	โก - โนโก น็อคพิน	M15														5			
42	พินชน	M28				2										2	1		
43	เสียค่าเทเปอร์	M33																	
44	ความโตแหวนสลัก	M16										2							
45	เสียปลาย LINE	M65																	
46	ขาเหวี่ยง	M67																	
47	เสียปอกหยาบ	M02																	
48	เสียอัดน็อคพิน	M11									1								
49	เสียรีมเมอร์	M23														1			
50	ความเอียงแกนตั้ง	M29																	
51	เสียยันศูนย์	M44																	
52	เสียเส้นทะแยงมุม	M57							1										

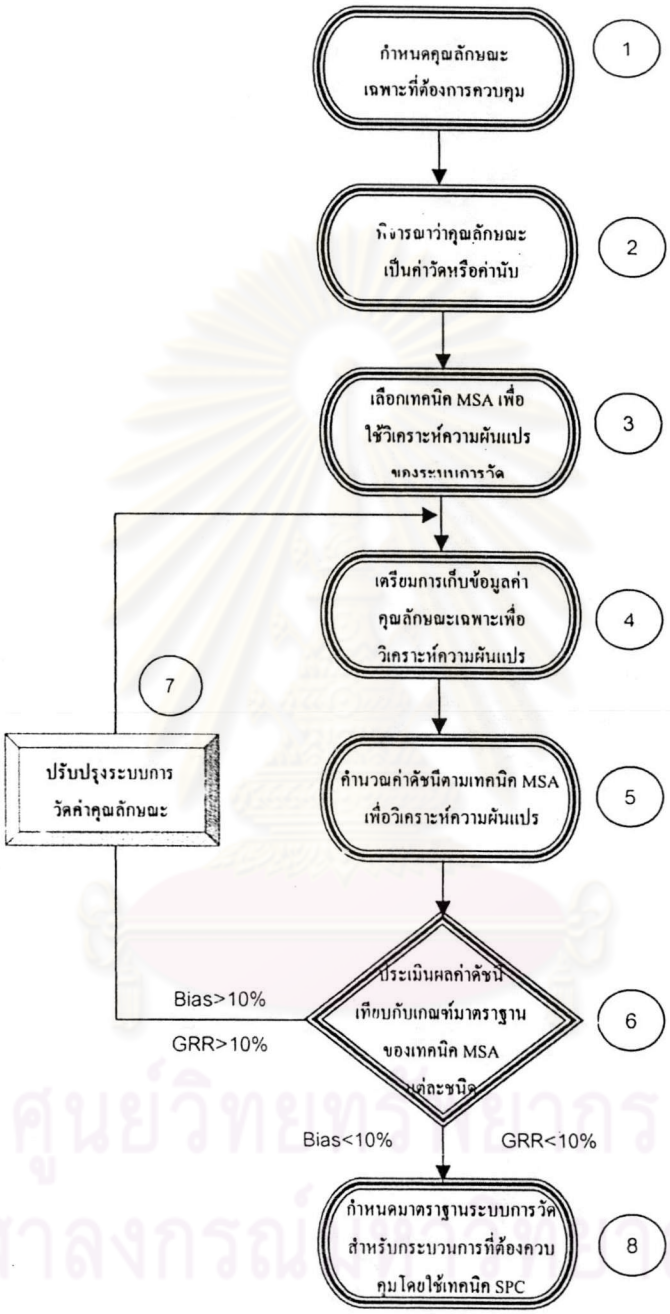
ตารางที่ 3.5 (ข) ของเสียในกระบวน " การกลึงละเอียด"

รายการ	ช่วงเวลา		2545										ปริมาณของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของปัญหา
			กันยายน					ตุลาคม							
	สายการผลิต	รหัสของเสีย	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
	รุ่นลูกสูบ		2L	5L	122F	3ZZ	508T	2L	5L	122F	3ZZ	508T			
1	เสียค่า BASIC DIA	M32	17	6	8	18	23	58	50	70	19	191	857	0.338	19.38
2	ผิวเป็นรอยกระแทกใน LINE	M41	43	3	22	17	6	46	8	25	25	27	663	0.262	14.99
3	รอยขีดข่วนผิวร่องแหวน	M10	15			5		1	5		159		403	0.159	9.11
4	เป็นรอยเศษ CHIP ในรูสลัก	M58	1	1	3	48	15	5	1	2	113	3	330	0.130	7.46
5	ผิวรูสลักด่างคว้านไม่หมด	M59	6		2	72	12	8	9	7	59	6	310	0.122	7.01
6	เสียผิว SKIRT เป็นเส้นจากการกลึง	M39	3			5		13	2	5	1	22	236	0.093	5.34
7	เสียความโตแลนด์	M34	7	1	1			2		41			183	0.072	4.14
8	ผิวรูสลักเป็นเส้น	M26	1		2	7	11		1	1	55	2	178	0.070	4.03
9	เสียเจาะออยริง	M05	6	2	4	7	34	4	1	2	3	11	169	0.067	3.82
10	เสียผิว SKIRT ด่าง	M40		4		8	1	21	3	4	1	5	152	0.060	3.44
11	ตกแต่งเสีย	M54	8		2	2	1		1			3	96	0.038	2.17
12	พินเฮด	M55		1					9		1		91	0.036	2.06
13	เสียตัดจุก	M45	1			17		3		1	19		80	0.032	1.81
14	ขุบผิวเสีย	M51	1		1	2	3		1				75	0.030	1.70
15	เสียแชมเฟอร์แลนด์	M48			1		4		1			2	61	0.024	1.38
16	เสีย COLOR CHECK	M64											60	0.024	1.36
17	ความกว้างแหวนสลัก	M18						1		11			52	0.021	1.18
18	เสียเจาะพินออย	M04					4					1	32	0.013	0.72
19	ความเหวี่ยงแหวนสลัก	M19	3							1	2		30	0.012	0.68
20	เสียแชมเฟอร์หัว	M47				1	2			2	2	3	29	0.011	0.66
21	รอยขีดข่วนผิวรูสลัก	M27	5			2							28	0.011	0.63
22	ความโตรูสลัก	M22				7					5		25	0.010	0.57
23	เสียตั้งเครื่อง	M56	2			5	2				1	1	25	0.010	0.57
24	เสียต้นเครื่อง	M01	3			1		2		1			24	0.009	0.54
25	เสียตอกเบอร์	M46	8				1	1	1				24	0.009	0.54
26	เสียความลึกวาล์ว	M21	1										20	0.008	0.45
27	ความเอียงร่องแหวน	M09											19	0.007	0.43
28	ความเหวี่ยงหัว	M38					2						19	0.007	0.43

ตารางที่ 3.5 (ค) ของเสียในกระบวน " การกลึงละเอียด"

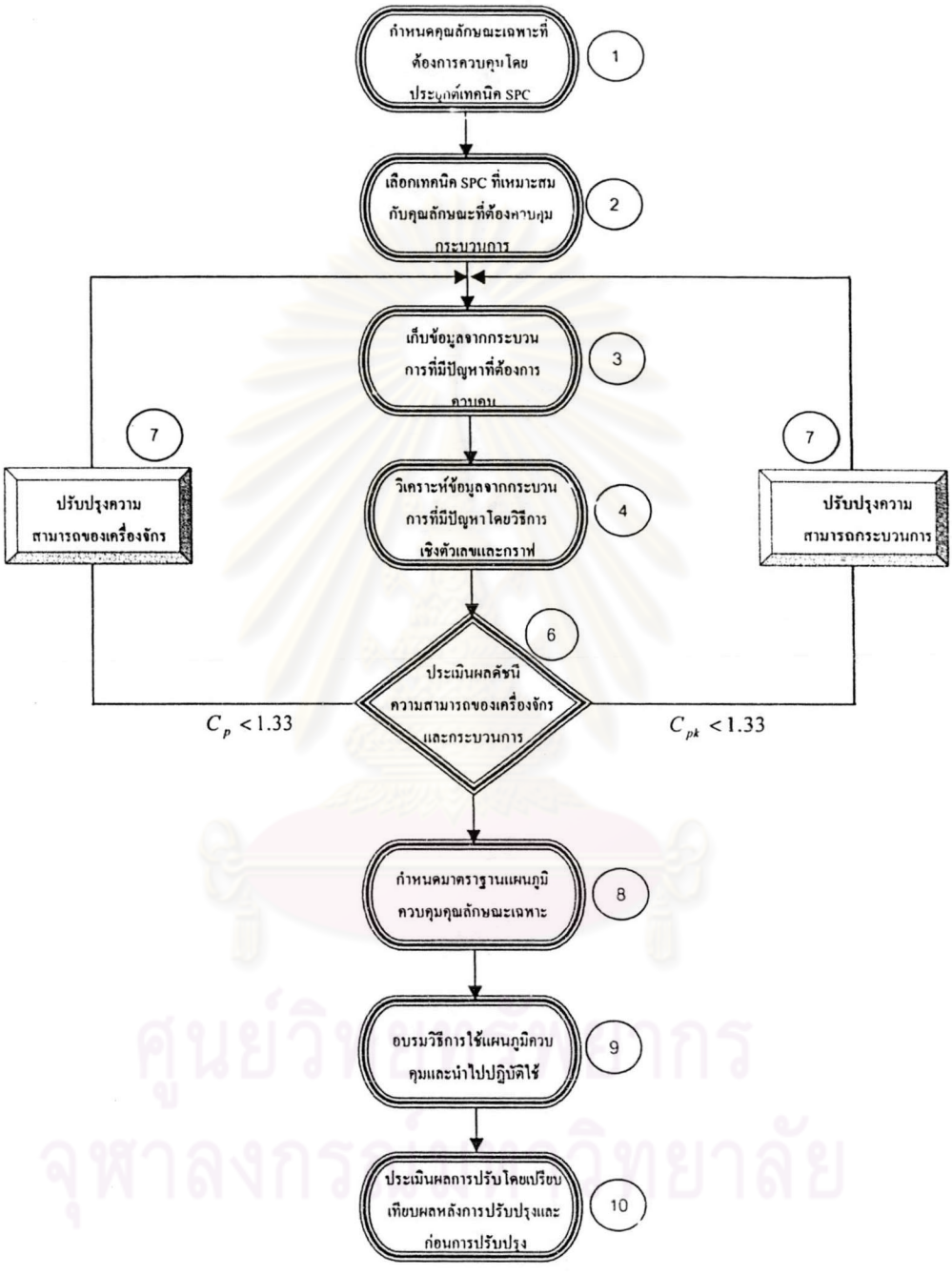
รายการ	ช่วงเวลา		2545										ปริมาณของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของปัญหา
			กันยายน					ตุลาคม							
	สายการผลิต	รหัสของเสีย	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
	รุ่นลูกสูบ		2L	5L	122F	3ZZ	508T	2L	5L	122F	3ZZ	508T			
29	ผิวเป็นรอยกระแทกใน PACK	M43	1	1			1	1	1				19	0.007	0.43
30	อื่น ๆ	M00	4			1	2	1	1	1	2		18	0.007	0.41
31	ระยะห่างแหวนสลัก	M17	5		12								18	0.007	0.41
32	ความสูงร่องแหวน	M08											10	0.004	0.23
33	เสียปาดหัว	M20					4	4					9	0.004	0.20
34	มีดแหวนแตก	M69											9	0.004	0.20
35	ความเอียงรูสลัก	M25	1			1							8	0.003	0.18
36	เสียปรับเครื่องระหว่างการผลิต	M60	1								4		7	0.003	0.16
37	ความเอียงหน้า BOSSES	M30											6	0.002	0.14
38	ลูกสูบตก	M50					2						6	0.002	0.14
39	เสียความสูง	M62											6	0.002	0.14
40	เสียกัดวาล์ว	M71											6	0.002	0.14
41	โก - โนโก น็อคพิน	M15											5	0.002	0.11
42	พินชน	M28											5	0.002	0.11
43	เสียค่าเทเปอร์	M33	2						1			2	5	0.002	0.11
44	ความโตแหวนสลัก	M16											4	0.002	0.09
45	เสียปลาย LINE	M65	1						1				2	0.001	0.05
46	ขาเหวี่ยง	M67						2					2	0.001	0.05
47	เสียปอกหยาบ	M02											1	0.000	0.02
48	เสียอัดน็อคพิน	M11											1	0.000	0.02
49	เสียรีมเมอร์	M23											1	0.000	0.02
50	ความเอียงแกนตั้ง	M29									1		1	0.000	0.02
51	เสียย้นศูนย์	M44					1						1	0.000	0.02
52	เสียเส้นทะแยงมุม	M57											1	0.000	0.02

ตารางที่ 3.5 (ง) ของเสียในกระบวน " การกลึงละเอียด"

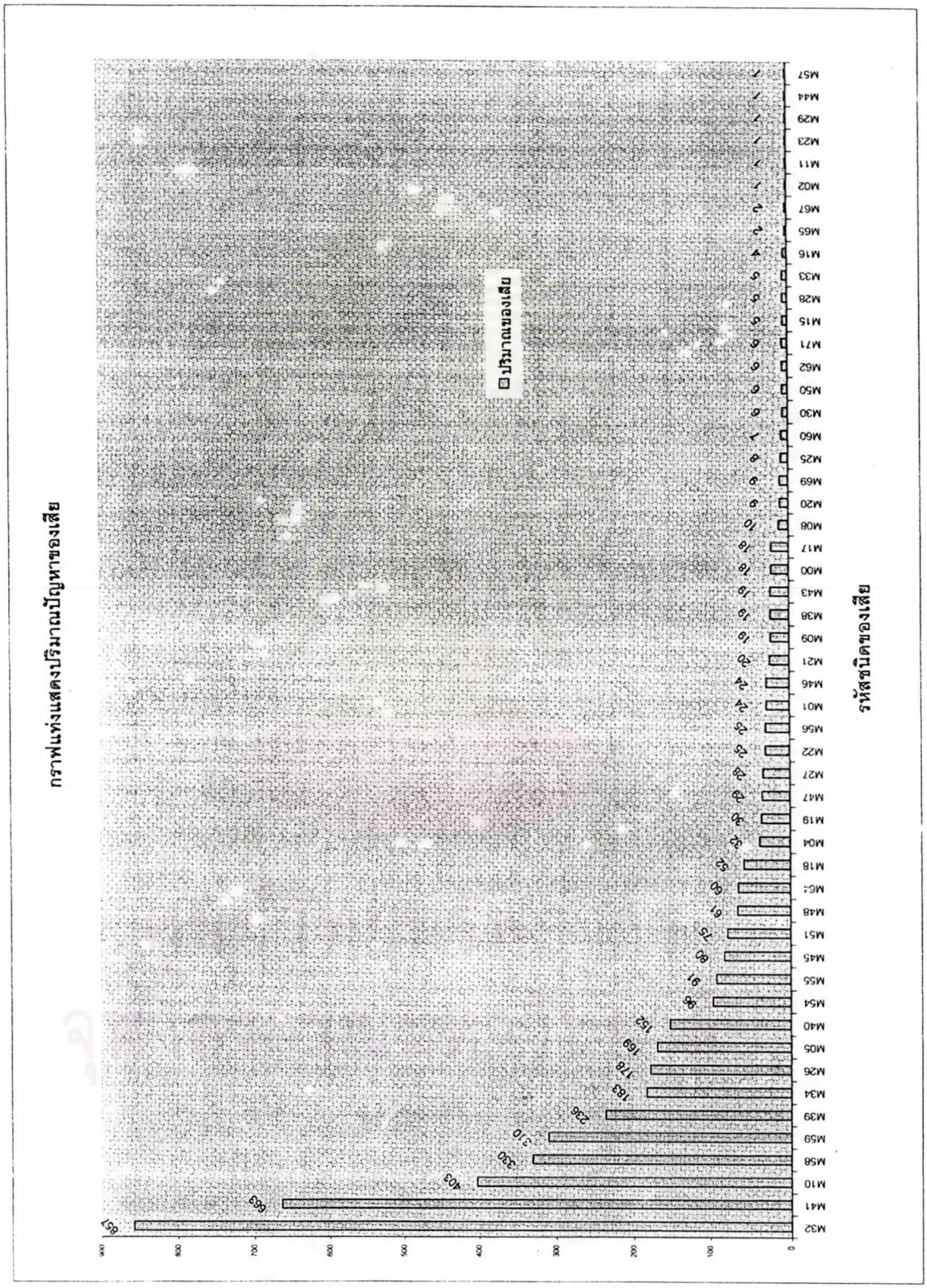


รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด

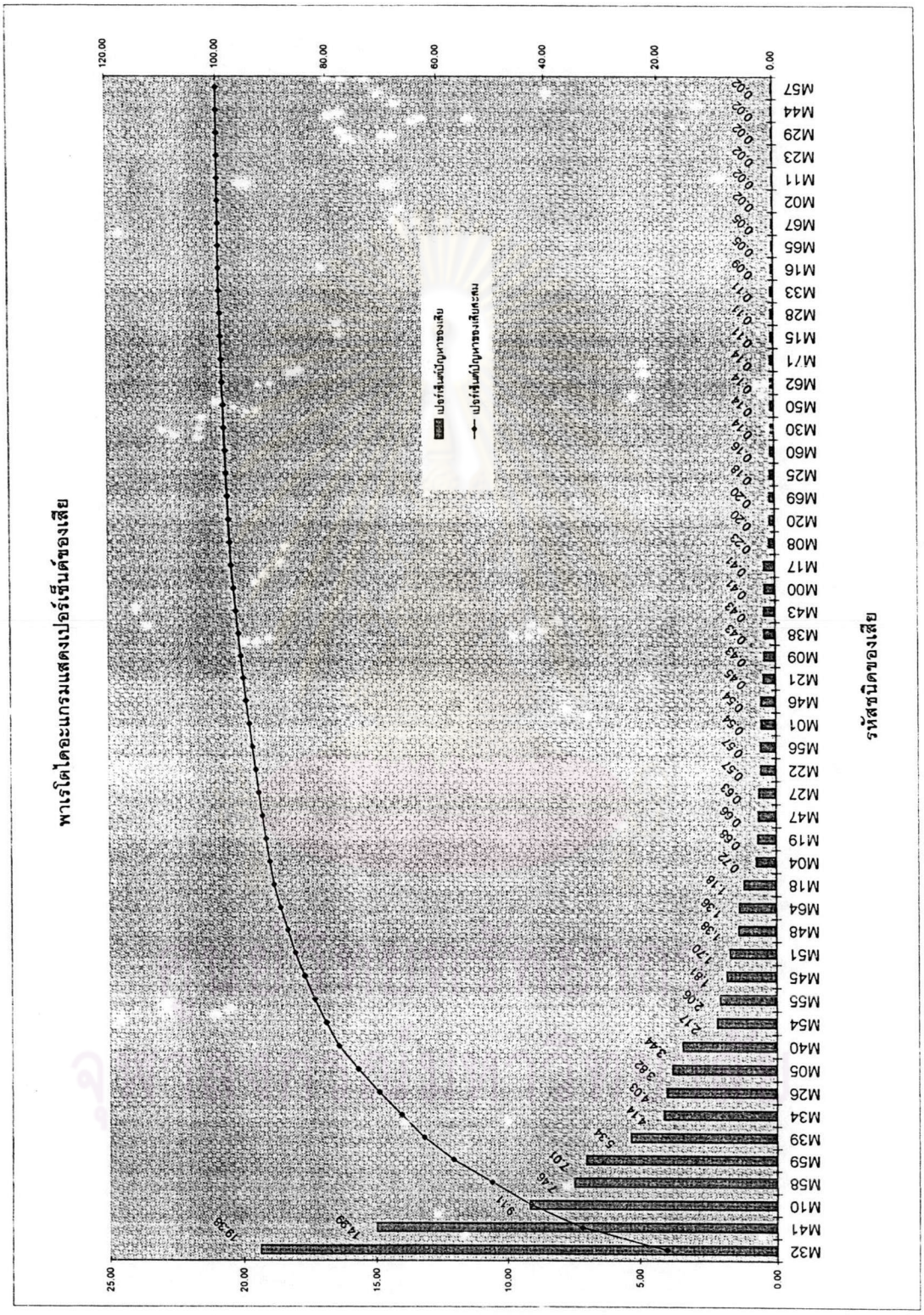
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุงความสามารถเครื่องจักรและกระบวนการ



รูปที่ 3.10 ปริมาณของเสียที่กระบวนการตัดขึ้นรูป



รูปที่ 3.11 เปอร์เซ็นต์ปัญหาของเสียที่กระบวนการตัดขึ้นรูป

3. เลือกวิธีการประเมินผลระบบการวัดเพื่อตัดสินว่าระบบการวัดคุณลักษณะเฉพาะที่ทำการศึกษาเหมาะสมหรือไม่ งานวิจัยนี้จะประเมินผลระบบการวัดเพื่อพิจารณาค่าความผันแปรโดยเทคนิค MSA เพียงอยู่สองลักษณะ ดังนี้

ก) ความผิดพลาดด้านตำแหน่ง(Location Error) คือ ความโอน-เอียง (Bias) การที่ผู้วิจัยเลือกเทคนิค MSA โดยวิธีการวิเคราะห์ค่าความโอนเอียง (Bias) เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ระบบการวัดที่ทำการศึกษาใช้วัดขนาด " เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" ลูกสูบเป็นค่าเชิงตัวเลข (Variable data)
2. การปรับตั้งระบบการวัดทำโดยใช้ค่ามาตรฐานอ้างอิง (Master value) เป็นตัวปรับตั้งค่าความเที่ยงตรงของอุปกรณ์อ่านค่าวัด คือ นาฬิกาวัด (Dial gage) ว่าค่าที่อ่านได้แตกต่างจากค่าอ้างอิงเกินกว่าที่กำหนดหรือไม่ก่อนที่จะดำเนินการวัดค่าของลูกสูบได้

จากเหตุผลที่กล่าวมาเบื้องต้นทั้งสองข้อเป็นเหตุผลที่ผู้วิจัยใช้ตัดสินใจเลือกเทคนิค MSA โดยวิธีการวิเคราะห์ค่าความโอนเอียง (Bias) ระบบการวัดเป็นตัววัดชี้ความเหมาะสมของระบบการวัดขนาดลูกสูบในงานวิจัยนี้

ข) ความผิดพลาดด้านความกว้าง (Spread Error) คือ ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการอ่านซ้ำ (GR&R) ของกระบวนการวัด การที่ผู้วิจัยเลือกเทคนิค MSA โดยวิธีการวิเคราะห์ ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการอ่านซ้ำ (GR&R) เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ระบบการวัดที่ทำการศึกษาใช้วัดขนาด " เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" ลูกสูบเป็นค่าเชิงตัวเลข (Variable data)
2. ลักษณะการวัดขนาดของระบบการวัดขนาด " เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" ลูกสูบเป็นการวัดโดยอาศัยความชำนาญของพนักงานและอ่านผลการวัดจากอุปกรณ์อ่านค่าวัด คือ นาฬิกาวัด (Dial gage) ดังนั้นระบบการวัดในลักษณะนี้จะมีโอกาสที่จะมีความผันแปรทั้งจากอุปกรณ์อ่านค่าวัดและจากพนักงานวัดเองแผงอยู่ในค่าวัดที่ได้ค่อนข้างสูง ถ้าระบบการวัดมิได้มีการควบคุมที่มีความเหมาะสมพอเพียง

จากเหตุผลที่กล่าวมาเบื้องต้นทั้งสองข้อเป็นเหตุผลที่ผู้วิจัยใช้ตัดสินใจเลือกเทคนิค MSA โดยวิธีการวิเคราะห์ความผิดพลาดด้านความกว้าง (Spread

Error) ระบบการวัดเป็นตัวชี้วัดความเหมาะสมของระบบการวัดขนาดลูกสูบในงานวิจัยนี้

4. เตรียมวิธีการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาระบบการวัด โดยแยกวิธีการเก็บข้อมูลเป็นสองแนวทางตามตัวประเมินระบบการวัดที่กล่าวไว้ในขั้นตอนที่ (3)

4.1 การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความผันแปรด้านตำแหน่ง

ก) กำหนดผู้จัดค่าคุณลักษณะเฉพาะเนื่องจากวัตถุประสงค์ในการประเมินระบบการวัดโดยรวม ดังนี้ผู้จัดที่จะทำการศึกษาควรต้องเป็นพนักงานที่ปกติใช้งานอุปกรณ์การวัดนั้นๆ เป็นประจำ

ข) หาค่าอ้างอิง (Reference Value) โดยการเลือกผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตที่มีค่าอยู่ระหว่างกลางของค่าพิกัดความเผื่อของผลิตภัณฑ์ และกำหนดให้เป็นผลิตภัณฑ์หลัก (Master Sample)

ค) วัดผลิตภัณฑ์หลักที่เลือกไว้ในข้อ ข. โดยอุปกรณ์การวัดที่สามารถสอบกลับไปยังค่ามาตราฐานได้และวัดค่าในสถานที่ที่ควบคุมสภาวะแวดล้อมอย่างเหมาะสม เช่นห้องสอบเทียบ โดยวัดผลิตภัณฑ์หลักซ้ำกันเป็นจำนวน $n > 30$ ครั้ง และเฉลี่ยค่าที่วัดได้เพื่อกำหนดเป็นค่าอ้างอิง (Reference Value)

ง) เก็บข้อมูลเพื่อศึกษาค่าความโอนเอียง โดยให้พนักงานที่เลือกไว้ใน ก. วัดผลิตภัณฑ์หลัก(Master Sample) โดยระบบการวัดปกติที่อยู่ในกระบวนการผลิตเป็นจำนวน $n > 30$ ครั้ง

4.2 การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความผันแปรด้านความกว้าง

ก) กำหนดพนักงานวัดค่าคุณลักษณะเฉพาะโดยเลือกพนักงานที่ปกติใช้อุปกรณ์การวัดที่จะศึกษาระบบการวัดนั้นๆ เป็นประจำ จำนวนพนักงานที่ต้องใช้ในการศึกษาระบบการวัด คือ สามคน

ข) เลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิต โดยเลือกให้ค่าของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงของกระบวนการผลิต หรือระหว่างค่าพิกัดความเผื่อจำนวนผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ต้องใช้ในการศึกษาอยู่ที่ $N > 5$ ชิ้น งานวิจัยนี้ใช้ผลิตภัณฑ์ 10 ชิ้น

ค) กำหนดเครื่องหมายประจำตัวพนักงานแต่ละคน โดยใช้ตัวอักษร A, B และ C ส่วนผลิตภัณฑ์กำหนดเป็นหมายเลข 1, 2, 3, ถึง n

ง) ให้พนักงาน A วัดผลิตภัณฑ์ 10 ชิ้นแรกครั้งที่หนึ่งโดยสุ่มตามแบบฟอร์มการเก็บข้อมูล GR&R แบบฟอร์มดังแสดงในรูปที่ 3.12 ส่วนข้อมูลที่ได้จากกระบวนการกลึงขึ้นรูปที่ขั้นตอนการ"กลึงละเอียด" ดังแสดงใน**ภาคผนวก ข**

จ) จากนั้นให้พนักงาน A และ C ทดลองวัดผลิตภัณฑ์ตามวิธีการที่ระบุไว้ในข้อ ง. และบันทึกผลการวัดที่ได้ลงในแบบฟอร์มดังแสดงในรูปที่ 3.12 โดยห้ามไม่ให้พนักงาน B และ C เห็นค่าวัดที่ได้ของแต่ละคน เพื่อลดความโอนเอียงที่เกิดขึ้นได้

ฉ) ทำการเก็บข้อมูลซ้ำ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ ที่ระบุไว้ในข้อ ง. และ จ. งานวิจัยนี้ได้กำหนดจำนวนการวัดซ้ำของพนักงาน A, B และ C ไว้ 3 ครั้ง

5. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดลองในหัวข้อ4.1และ4.2 โดยการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆที่จำเป็นตามที่ได้กล่าวโดยละเอียดในบทที่2 ตัวแปรที่ต้องคำนวณเพื่อวิเคราะห์ความผันแปรของข้อมูลจากระบบการวัดแยกออกเป็นกลุ่มตามวิธีการเก็บข้อมูลในข้อ 4.1 และ 4.2

5.1 ความผันแปรด้านตำแหน่งตัวแปรที่ต้องคำนวณมีดังนี้

ก) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

ข) ความผันแปรการวัดซ้ำ(σ_b)

ค) ตัวสถิติ "t"

ง) ค่าเบี่ยงเบน (Bias)

5.2 ความผันแปรด้านความกว้างตัวแปรที่ต้องคำนวณมีดังนี้

ก) เส้นควบคุมของแผนภูมิ $\bar{x}$

ข) เส้นควบคุมของแผนภูมิ R

ค) ค่าความผันแปรของอุปกรณ์ / เครื่องจักร (EV; Equipment Variation)

ง) ค่าความผันแปรของผู้วัด (AV; Appraises Variation)

จ) ค่าความสามารถทำซ้ำและทำเหมือน(GR&R; Gage Repeatability & Reproducibility)

ฉ) ค่าความผันแปรของผลิตภัณฑ์ (Part Variation)

ช) ค่าความผันแปรรวม (Total Variation)

ซ) อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของ EV, AV, GR&R และ PV

ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ไมโครซอฟต์เอ็กซ์เซล(Microsoft Excel) ออกแบบโปรแกรมการคำนวณค่า Bias และ GR&R ของระบบการวัดโดยการป้อนข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 4.1 และ 4.2 ลงในตารางข้อมูลของโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณค่าสถิติต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นโดยจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไปโดยอัตโนมัติ ผลการคำนวณของลูกสูบทั้ง 5รุ่นตามข้อมูลจากขั้นตอนที่ 4.1 และ 4.2 แสดงไว้ใน**ตารางภาคผนวก ข**

การวิเคราะห์ข้อมูลความผันแปรด้านการกระจายของระบบการวัดนั้นจะวิเคราะห์โดยอาศัยแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$

ก) แผนภูมิควบคุม $\overline{x}$ ใช้ช่วยวิเคราะห์ในการระบุความสม่ำเสมอของการวัดระหว่างพนักงานแต่ละคน เกณฑ์การวิเคราะห์มีดังนี้

<u>กรณีที่ 1)</u> ข้อมูลค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ ครึ่งหนึ่งหรือมากกว่าออกนอกเส้นแสดงว่าระบบการวัดสามารถตรวจสอบความผันแปรระหว่างผลิตภัณฑ์ได้ (Part-to-Part) และเหมาะสมสำหรับวิเคราะห์และความควบคุมกระบวนการด้วย

<u>กรณีที่ 2)</u> ข้อมูลค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ น้อยกว่าหนึ่งในสองส่วนออกนอกเส้นควบคุมแสดงว่าระบบการวัดมี ความสามารถในการแยกแยะ (Resolution) ไม่เหมาะสมหรือผลิตภัณฑ์ตัวอย่างไม่ครอบคลุมความผันแปรของกระบวนการ

ข) แผนภูมิควบคุม R ใช้ช่วยวิเคราะห์ในการระบุความสม่ำเสมอของกระบวนการวัดระหว่างผู้วัดสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น เกณฑ์การวิเคราะห์มีดังนี้

<u>กรณีที่ 1)</u> ถ้าค่าพิสัยของผู้วัดคนใดคนหนึ่งออกนอกเส้นควบคุมแสดงว่าวิธีการวัดแตกต่างจากผู้วัดอื่นๆ

<u>กรณีที่ 2)</u> ถ้าค่าพิสัยของผู้วัดทุกคนออกนอกเส้นควบคุมแสดงว่าระบบการวัดมีความไวต่อเทคนิคกาวัดของผู้วัดต้องมีการปรับปรุง

<u>กรณีที่ 3)</u> ถ้าค่าพิสัยหนึ่งถึงสามค่าตกอยู่ในเส้นควบคุมแสดงว่าความสามารถในการแยกแยะไม่เหมาะสมและถ้าค่าพิสัยอยู่ในเส้นควบคุมโดยมีแค่สี่ค่าโดยที่หนึ่งในสี่มีค่าเป็นศูนย์ก็แสดงว่าระบบการวัดมีความสามารถในการแยกแยะไม่เหมาะสมเช่นกัน

6. ประเมินผลข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 5 เกณฑ์ในการเปรียบเทียบผลการทดลองแบ่งออกเป็นสองเกณฑ์ คือ

6.1 เกณฑ์ประเมินผลความผันแปรด้านตำแหน่งมีดังนี้

ก) ถ้า Bias น้อยกว่า / เท่ากับ 10% แสดงว่าระบบการวัดเหมาะสม

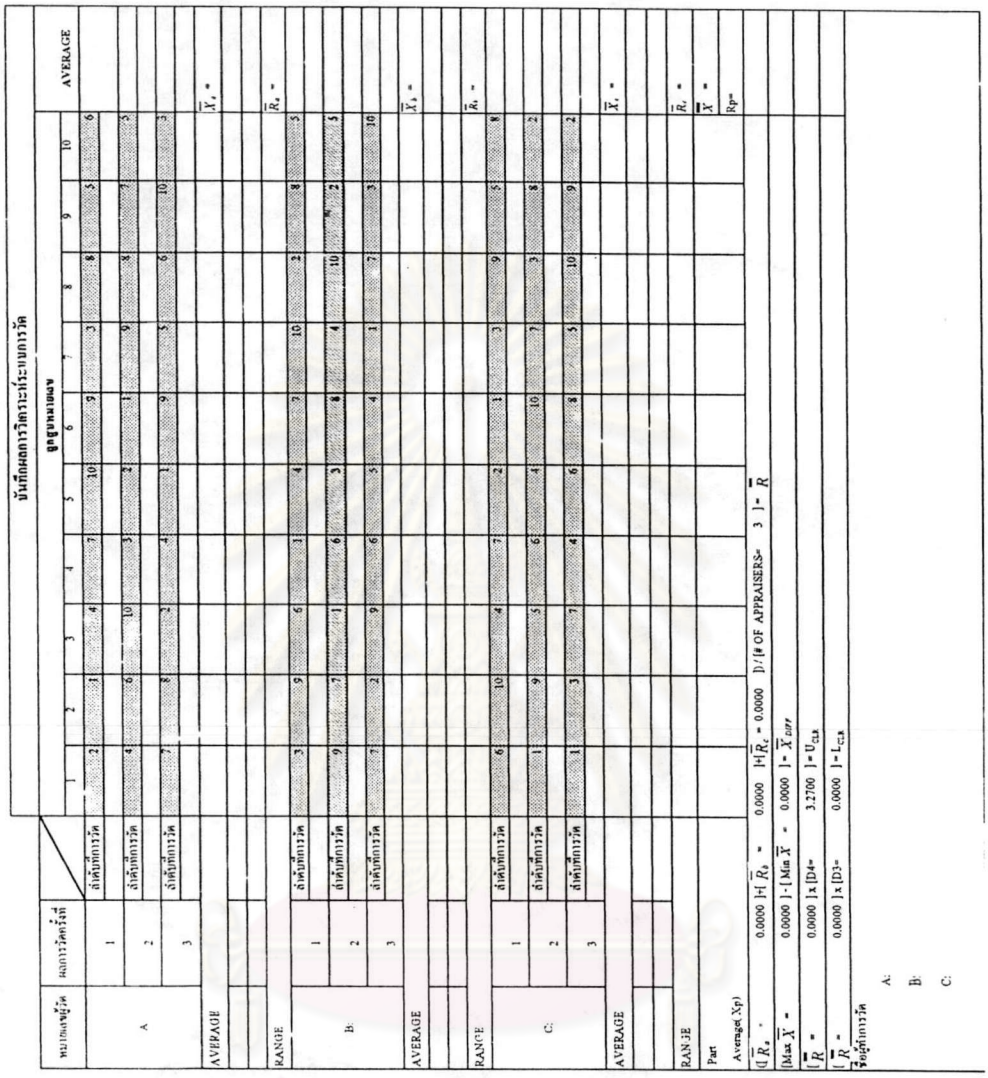
ข) ถ้า Bias มากกว่า 10% หรือเท่ากับ 20% แสดงว่าระบบการวัดความต้องปรับปรุง

6.2 เกณฑ์ประเมินผลความผันแปรด้านความกว้าง มีดังนี้

ก) ถ้า GR&R น้อยกว่า / เท่ากับ 10% แสดงว่าระบบการวัดเหมาะสมสำหรับควบคุมกระบวนการ

ข) ถ้า GR&R มากกว่า 10% หรือเท่ากับ 20 % แสดงว่าระบบการวัดควรต้องปรับปรุง

7. ปรับปรุงระบบการวัดเมื่อผลการประเมินค่าความผันแปรมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่ระบุไว้ในข้อ 6.1 (ข) และ 6.2 (ข)



รูปที่ 3.12 แบบฟอร์มการเก็บข้อมูล GR&R

3.3.2 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปลูกสูบ โดยใช้เทคนิค SPC

1. กำหนดคุณลักษณะเฉพาะของลูกสูบที่จำเป็นต้องควบคุมกระบวนการโดยใช้เทคนิค SPC ขั้นตอนนี้ผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำเช่นเดียวกับขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุงระบบการวัด คือเป็นการนำข้อมูลของเสีย (Scrap) ที่เกิดขึ้นในอดีตมาวิเคราะห์โดยเชิงตัวเลขและรูปแบบกราฟพบว่าของเสียที่มีปริมาณสูงสุด คือ “ค่าขนาดเส้นกลางมาตรฐาน” ออกนอกค่าอนุโลมของลูกค้า สรุปได้ว่า

ก) ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากคุณลักษณะเฉพาะ "ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตราฐาน" มีค่าออกนอกค่าอนุโลมของลูกค้าในช่วงเดือน มิ.ย. – ต.ค. 2545 มีค่าเท่ากับ 857 ชิ้น

ข) ถ้าพิจารณาจากสัดส่วนของปัญหา เมื่อเทียบกับปัญหาที่พบทั้งหมดในช่วงเดือน มิ.ย. – ต ค. 2545 พบว่าปัญหา"ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ออกนอกค่าอนุโลมมีสัดส่วนของปัญหามากที่สุดคือ 19.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอันดับหนึ่งของสัดส่วนปริมาณทั้งหมด

2. จากขั้นตอนที่หนึ่งสามารถสรุปได้ว่าค่าคุณลักษณะเฉพาะที่จะประยุกต์เทคนิค SPC เพื่อควบคุมกระบวนการ คือ "ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" โดยที่ค่าคุณลักษณะเฉพาะนี้ถือว่าเป็นข้อมูลประเภทตรวจวัดได้ (Variable Data) ซึ่งเทคนิค SPC ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตมีอยู่หลายประเภทด้วยกันคือ

ก) $\bar{x}$ – R Chart

ข) $\bar{x}$ – S Chart

ค) MR Chart ฯลฯ

เทคนิค SPC	ลักษณะการใช้งาน
$\bar{x}$ – R	1. ค่าคุณลักษณะเฉพาะเป็นข้อมูลตรวจวัด 2. การคำนวณค่าเฉลี่ย $(\bar{X})$ และค่าพิสัย (R) ใช้เครื่องคำนวณธรรมดา 3. กลุ่มย่อย (Sub-group) มีขนาด 2-9
$\bar{x}$ – S	1. ค่าคุณลักษณะเฉพาะเป็นข้อมูลตรวจวัด 2. การคำนวณค่าเฉลี่ย $(\bar{X})$ และค่าพิสัย (R) ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถคำนวณค่า S ได้ทันที 3. ขนาดกลุ่มย่อย (Sub-group) มีขนาดใหญ่มากกว่า 10
XMR	1. การวัดค่าคุณลักษณะเฉพาะค่อนข้างเสียค่าใช้จ่ายสูงเช่นการทดสอบแบบทำลาย 2. เมื่อผลการวัดในแต่ละช่วงเวลามีความสัมพันธ์กันการรวมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น การวัดค่า pH ของส่วนผสมเคมี

ตารางที่ 3.6 แสดงถึงลักษณะการใช้งานแผนภูมิควบคุมทั้งสามประเภทที่กล่าวไว้ข้างต้น

จากตารางที่ 3.6 จะเห็นว่าเทคนิค SPC ที่เหมาะสมสำหรับการนำมาควบคุมกระบวนการในงานวิจัยนี้ คือ แผนภูมิควบคุม $\bar{x}$ – R ผู้วิจัยได้สรุปเหตุผลที่ทำให้แผนภูมิ $\bar{x}$ – R มีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาควบคุมกระบวนการสำหรับงานวิจัยนี้ไว้ดังนี้

2.1) คุณลักษณะที่มีปัญหาด้านคุณภาพตามข้อมูลของเสียในช่วงเดือน มิ.ย. – ต.ค. 2545 คือ "ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" ซึ่งเป็นค่าวัด (Variable data)

2.2) วิธีการคำนวณค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และพิสัย (R) ทำได้ค่อนข้างง่ายโดยพนักงานระดับปฏิบัติการด้วยเครื่องคำนวณแบบธรรมดาทั่วไป

2.3) สามารถพล็อตค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และพิสัย (R) บนแผนภูมิควบคุม $\bar{x}$ – R ได้โดยเร็วเนื่องจากการคำนวณค่า เฉลี่ย ($\overline{X}$) และพิสัย (R) ทำได้ง่ายสามารถเห็นแนวโน้มต่างๆบนแผนภูมิได้รวดเร็ว ทำให้สามารถที่จะกำหนดวิธีการแก้ไขปรับปรุงที่เหมาะสมได้รวดเร็วเช่นกันซึ่งจะทำให้ควบคุมกระบวนให้อยู่ภายใต้การควบคุมได้ และจะส่งผลให้สามารถควบคุมปริมาณของเสียในกระบวนการได้ด้วยเช่นกัน

2.4) ขนาดกลุ่มย่อยที่ใช้เก็บข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และพิสัย (R) อยู่ระหว่าง 2 ถึง 9 ค่า เป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล

จากเหตุผลทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยตัดสินใจที่จะนำเทคนิค SPC โดยเลือกใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{x}$ – R มาเป็นเครื่องมือในการควบคุมการะบวนการสำหรับงานวิจัย

3. การเก็บข้อมูลจากกระบวนการ ขั้นตอนที่สองเมื่อเลือกเทคนิค SPC ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมกระบวนการได้แล้ว ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำเทคนิค SPC แบบแผนควบคุมกระบวน โดยแผนภูมิ $\bar{x}$ – R มาควบคุมกระบวนการผลิตการกลึงขึ้นรูปที่กระบวนการย่อยลำดับที่ 11 “กระบวนการกลึงละเอียดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน” ดังแสดงในรูปที่ 3.4 การเก็บข้อมูลค่าคุณลักษณะเฉพาะจากกระบวนการผลิตต้องพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีประสิทธิภาพ สามารถนำมาตีความลักษณะการกระจายของกระบวนการได้ การเก็บข้อมูลจากกระบวนการต้องวางแผนเพื่อให้เป็นพื้นฐานในการรวบรวมข้อมูลบันทึกฯ รวมทั้งพล็อตข้อมูลบนแผนภูมิควบคุมการเก็บข้อมูลต้องพิจารณาปัจจัย ดังต่อไปนี้

ก. ขนาดของกลุ่มย่อย (Subgroup Size) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{x}$ – R เพราะจะเป็นตัวกำหนดถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของแผนภูมิควบคุม ดังนั้นในการศึกษาความสามารถเครื่องจักรและกระบวนในช่วงแรกขนาดของกลุ่มย่อยควรอยู่ระหว่าง 4 ถึง 5 ชิ้นงานที่ผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยเครื่องมือ หรืออุปกรณ์การผลิตอันเดียวกัน เพื่อให้ข้อมูลการค่าคุณลักษณะเฉพาะจากชิ้นงาน แสดงความผันแปรจากกระบวนการที่เกิดจากสาเหตุธรรม-ชาติ (Common Cause) ของกระบวนการเท่านั้น

ข. ความถี่ของกลุ่มย่อย (Subgroup Frequency) เพื่อให้สามารถตรวจนับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการระหว่างช่วงเวลาการที่กระบวนการมีการผลิต การ

กำหนดความถี่ของกลุ่มย่อยมีผลอย่างมาก ดังนั้นความถี่ของกลุ่มย่อยต้องมีความถี่ที่พอเพียงและเหมาะสมที่จะมีโอกาสพบความเปลี่ยนแปลงในกระบวนการได้ ตัวอย่างของโอกาสในการผลิตความเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ ได้แก่ การเปลี่ยนกะการทำงานหรือพนักงาน, ช่วงอุ่นเครื่อง (Worm up) และการเปลี่ยนพล็อตของวัตถุดิบเป็นต้น ในช่วงเริ่มต้นศึกษากระบวนการความถี่ของกลุ่มย่อยควรถี่มากๆ หรือช่วงห่างระหว่างกลุ่มย่อยสั้นๆ เมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตปริมาณมมาก (Man Producticn) ความถี่สามารถเพิ่มช่วงห่างได้ เช่น 2 ครั้งต่อกะหรือทุก 2 ชั่วโมง เป็นต้น

ค. จำนวนของกลุ่มย่อย (Number of Subgroup) จำนวนของขนาดกลุ่มย่อยขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการและต้องมีมากพอที่จะสามารถรวบรวมความผันแปรได้แหล่งความผันแปรหลักได้ โดยทั่วไปแล้วขนาดของกลุ่มย่อยอยู่ที่ 25 กลุ่มเป็นอย่างน้อย ซึ่งมีค่าวัดของคุณลักษณะเฉพาะประมาณ 100 หรือมากกว่าจะทำให้ได้กระบวนการที่คงที่ (Stable) ทำให้สามารถประมาณตำแหน่ง (Location) และการกระจาย (Spread) ของกระบวนการได้อย่างดีพอ

ในงานวิจัยนี้ได้สรุปแผนการเก็บข้อมูลจากกระบวนการกลึงขึ้นรูปที่ขั้นตอน "การกลึงละเอียดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" ไว้ดังแสดงในตารางที่ 3.7

รุ่นลูกสูบ (Model)	หมายเลขลูกสูบ (Part Number)	ค่าอนุโลม (Specification)	ขนาดกลุ่มย่อย (Subgroup Size)	ความถี่ (Frequency)	จำนวนกลุ่มย่อย (Number of Subgroup)
2L	13211-05030	91.955 +/- 0.005	4	4 ลูก/2 ช.ม.	25
5L	13211-05020	99.465 +/- 0.005	4	4 ลูก/2 ช.ม.	25
122F	13211-05030	91.955 +/- 0.005	4	4 ลูก/2 ช.ม.	25
3ZZ	13211-0D050	78.910 +/- 0.005	4	4 ลูก/2 ช.ม.	25
508T	13211-02080	78.620 +/- 0.005	4	4 ลูก/2 ช.ม.	25

ตารางที่ 3.7 ความถี่ในการเก็บข้อมูล

ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ออกแบบฟอร์มสำหรับการเก็บข้อมูลจากกระบวนการตัดขึ้นรูปย่อยที่ขั้นตอน "การขัดละเอียดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" ตามแบบฟอร์มดังแสดงในรูป

ที่3.13ส่วนข้อมูลค่าคุณลักษณะเฉพาะ "ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" จากสายการผลิตทั้ง 5สายของลูกสูบแต่ละรุ่นได้แสดงไว้ใน**ภาคผนวก ข**

4. วิเคราะห์ข้อมูลจากกระบวนการที่มีปัญหาขั้นตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการตัดขึ้นรูปย่อยที่บันทึกไว้ในแบบฟอร์มตามขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลจะพิจารณาสองวิธีร่วมกันคือ

   ก. วิเคราะห์ในรูปแผนภูมิควบคุม $\bar{x}$ – R

   ข. วิเคราะห์ในเชิงตัวเลข คือดัชนีความสามารถของกระบวนการ Cpk และดัชนีความสามารถของเครื่องจักร C_p

ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ไมโครซอฟต์เอ็กซ์เซล(Microsoft Excel) ออกแบบโปรแกรมการคำนวณค่า C_p และ C_{pk} ของกระบวนการรวมทั้งสามารถสร้างแผนภูมิควบคุม $\bar{x}$ – R โดยการป้อนข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ (3) ลงในตารางข้อมูลของโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณค่า C_p และ C_{pk} ของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป ร่วมทั้งสร้างแผนภูมิควบคุม $\bar{x}$ – R โดยอัตโนมัติ ผลการคำนวณของลูกสูบทั้ง 5 รุ่นตามข้อมูลจากขั้นตอนที่ 3 แสดงไว้ใน**ตารางภาคผนวก ข**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเลขเอกสาร	ใบตรวจสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน	วันที่	กะ
แก้ไขปรับปรุงครั้งที่		ลูกสูบรุ่น	หมายเลขลูกสูบ
วันที่เริ่มใช้	กระบวนการตัดขึ้นรูปย่อย" การขัดละเอียด"	เครื่องจักรหมายเลข	

ลำดับที่	วันที่	เวลา	ค่าที่วัดได้			
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

รูปที่ 3.13 แบบฟอร์มการตรวจสอบขนาด “เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน”

5. การประเมินผลดัชนีความสามารถของเครื่องจักรและกระบวนการ เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมกระ-บวนการ เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมกระบวนการตัดขึ้นรูปย่อยของสายการผลิตลูกสูบทั้ง 5 ว่าไม่มีความผันแปรจากสาเหตุพิเศษ (Special Cause) หมายความว่าการกระจายตัวของข้อมูลที่พล็อตบนแผนภูมิควบคุม $\bar{x}$-R มีการกระจายแบบธรรมดา (Normal Distribution) แสดงว่ากระบวนการตัดขึ้นรูปย่อยมีความคงที่ (Stable) ฉะนั้นค่าดัชนีความสามารถของเครื่องจักรและกระบวนการที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 5 สามารถนำมาประเมินเทียบกับเกณฑ์มาตราฐานเพื่อกำหนดว่าต้องมีการปรับปรุงความสามารถของเครื่องจักรและความสามารถของกระบวนการหรือไม่

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ความคิดเห็น

ผู้ดำเนินงานวิจัยได้นำข้อมูลทั้งในการศึกษาระบบการวัด (Bias & GR&R) ค่าคุณลักษณะเฉพาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" ที่กระบวนการกลึงขึ้น ณ. ขั้นตอนการกลึงละเอียด รวมทั้งข้อมูลการศึกษาความสามารถของเครื่องจักร และกระบวนการ (C_p และ C_{pk}) ของขั้นตอนนี้ รวบรวมสรุปเป็นผลการทดลองเพื่อวิเคราะห์สภาพ ณ. ปัจจุบันของทั้งระบบการวัด ความสามารถของเครื่องจักรและกระบวนการสำหรับการกลึงขึ้นรูปขั้นตอน " การกลึงละเอียด " ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3. 8และ 3. 9

จากตารางที่ 3.8 และ 3.9 สรุปวิเคราะห์สภาพปัจจุบันระบบการวัดและความสามารถของเครื่องและกระบวนการของสายการผลิตลูกสูบ Toyota ทั้ง 5สายการผลิตเมื่อเทียบกับเกณฑ์ความคิดเห็นที่กำหนดเป็นมาตรฐาน เพื่อตัดสินใจหาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงระบบการวัดและปรับปรุงความสามารถของเครื่องจักรและกระบวนการ ผู้ดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

3.4.1 ระบบการวัด

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลระบบการวัดค่าคุณลักษณะเฉพาะ "ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน ณ. ขั้นตอนการตัดขึ้นรูปย่อย "การขัดละเอียด" สรุปได้ว่า

1. ค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) ของระบบการวัด ณ. ขั้นตอนตัดขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการขัดละเอียด" ของทั้ง 5 สายการผลิตมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน คือ Bias สูงกว่า 10%
2. ค่าความผันแปรด้านความกว้าง (GR&R) ของระบบการวัด ณ. ขั้นตอนการตัดขึ้นรูปย่อยขั้นตอน "การขัดละเอียด" ของทั้ง 5 สายการผลิตมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน คือ GR&R สูงกว่า 10 %

ดังนั้นจากข้อสรุปทั้งสองประการข้างต้นสามารถตัดสินใจได้ว่าต้องมีการปรับปรุงระบบการวัดค่าคุณลักษณะเฉพาะ "ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาตรฐาน" ณ. กระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อยขั้นตอน" การกลึงละเอียด" ของสายการผลิตลูกสูบสำหรับ Toyota ทั้งห้าสายการผลิต

3.4.2 **ความสามารถของเครื่องจักรและกระบวนการ (c_P และ c_{PK})**

จากตารางที่ 3.9 ผลสรุปการวิเคราะห์ความสามารถของเครื่องจักรและกระบวน ณ. กระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อยขั้นตอน "การกลึงละเอียด" ของสายการผลิตลูกสูบ Toyota ทั้ง 5 สายการผลิตที่อยู่ภายใต้การดำเนินงานวิจัย สามารถสรุปผลวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของกระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อยทั้ง 5 สายได้ดังนี้

1. ความสามารถของเครื่องจักร (c_P) จากตารางที่ 3.9 พบว่ามีสายการผลิต 5 สายที่ผลิตลูกสูบรุ่น 2L, 5L, 508T, 2FF และ 3ZZ มีค่าความสามารถของเครื่องจักร c_P น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ c_P น้อยกว่า 1.33
2. ความสามารถของกระบวนการ (c_{PK}) จากตารางที่ 3.9 พบว่ามีสายการผลิต 5 สายที่ผลิตลูกสูบรุ่น 2L, 5L, 508T, 2FF และ 3ZZ มีค่าความสามารถกระบวนการ c_{PK} น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ c_{PK} น้อยกว่า 1.33

ดังนั้นจากข้อสรุปทั้งสองประการข้างต้นสามารถตัดสินใจได้ว่าสายการผลิตลูกสูบรุ่น 2L 5L 508T 2FF และ 3ZZ ต้องมีการปรับปรุงทั้งความสามารถของเครื่องจักรและกระบวนการ เนื่องจากระบบการวัด ณ ขั้นตอนการกลึงย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" มีความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) สูงเกินค่ามาตรฐาน ดังนั้นค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ที่คำนวณได้จากกระบวนการผลิตยังไม่ใช่ค่าจริง ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบความสัมพันธ์ของค่าความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) และค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) โดยใช้ตารางที่ 7 ในภาคผนวก (ก) เพื่อหาค่าจริงของค่า C_p และ C_{pk} ของกระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" โดยผลการเปรียบเทียบค่า GR&R ค่า C_p และ C_{pk} ที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.10

จากตารางที่ 3.10สามารถสรุปผลค่าที่แท้จริงความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ที่กระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ได้ดังนี้

1. ความสามารถของเครื่องจักร (C_p) ของลูกสูบทั้ง 5 รุ่นที่ทำการศึกษามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 1.33

2. ความสามารถของเครื่องจักรกระบวนการ (C_{pk}) ของลูกสูบทั้ง 5 รุ่นที่ทำการศึกษามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 1.33

จากผลสรุปข้างต้น จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าความผันแปรในระบบการวัดด้านกว้าง (GR&R) ค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ที่คำนวณได้จากข้อมูลที่เก็บมาจากกระบวนการผลิตจริง ผู้วิจัยพบว่าค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) จริงยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบ คือมีค่าต่ำกว่า 1.33 ฉะนั้นเพื่อสร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการกลึงย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ตามที่ระบุไว้ในวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยต้องวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้ค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ที่ "ขั้นตอนกลึงละเอียด" และเสนอแนวทางในการปรับปรุงรวมทั้งทดลองประยุกต์ใช้แนวทางปรับปรุงที่เสนอในกระบวนการจริง โดยรายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์สาหตุของปัญหาและเสนอแนวทางปรับปรุงจะกล่าวไว้โดยละเอียดในบทที่ 4

อย่างไรก็ตามก่อนที่จะสามารถดำเนินขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ "กลึงละเอียด" ของขั้นตอนกลึงขึ้นรูปย่อยได้นั้น ผู้วิจัยจำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ให้ค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และด้านกว้าง (GR&R) อยู่ในเกณฑ์เปรียบเทียบมาตรฐานก่อน เนื่องจากผลการคำนวณความผันแปรของระบบการวัดด้านตำแหน่ง (Bias) ระบบการวัดด้านกว้าง (GR&R) ตำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งผู้วิจัยต้องทำการปรับปรังระบบการวัด ณ ขั้นตอนการกลึงย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ให้ดีขึ้นก่อนและจึงจะสามารถปรับปรุงความสามารถของเครื่องจักรและความสามารถของกระบวนการได้ โดยการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและการเสนอแนวทางปรับปรุงจะได้นำเสนอในบทที่ 4 ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเลขเครื่องมือวัด	หมายเลขลูกสูบ	รุ่นของลูกสูบ	คุณลักษณะเฉพาะที่วัด	ผลการศึกษาความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias)					ผลการศึกษาความผันแปรด้านความกว้าง(GR&R)									
				เปอร์เซ็นต์ Bias		ช่วงความเชื่อมั่น 95%ของความเบี่ยง			เชิงตัวเลข					เชิงกราฟ				
				≤ 10% ยอมรับ	≥ 30% ปรับปรุง	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าต่ำสุด (Min)	ค่าความเบี่ยงเบน (Bias)	ค่าสูงสุด (Max)	% ความผันแปรจากชิ้นงาน (AV)	% ความผันแปรอุปกรณ์ (EV)	% ความผันแปรระบบการวัด (GR&R)	GR&R ≤ 10% ยอมรับ	GR&R ≥ 30% ปรับปรุง	$\bar{X}$ - chart		R - chart		
															% ค่า $\bar{x}$ ออกนอกเส้นควบคุม มากกว่า 60 % ยอมรับ	% ค่า $\bar{x}$ ออกนอกเส้นควบคุม น้อยกว่า 60% ปรับ	ค่าสัดส่วนเป็นศูนย์น้อยกว่าสี่ค่าของค่ายอมรับ	ค่าสัดส่วนเป็นศูนย์มากกว่าสี่ค่าปรับปรุง	ค่าสัดส่วนออกนอกเส้นควบคุมปรับปรุง	ค่าสัดส่วนในเส้นควบคุมยอมรับ
ID.NO.DT.155	13211-05030	2L	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		39.22	-0.00029	-0.00013	0.00002	24.89	28.73	38.01		✓	73			4	0	
ID.NO.DT.334	13211-05020	5L	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		26.73	-0.00022	-0.0001	0.00009	26.94	45.11	52.54		✓		20	3		0	
ID.NO.DT.307	13211-05030	122F	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		50.00	-0.00035	-0.0002	-0.00005	19.16	74.23	34.49		✓		50	2		0	
ID.NO.DT.338	13211-0D050	3ZZ	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		26.73	-0.00022	-0.00007	0.00009	5.25	57.23	57.47		✓		17	3		0	
ID.NO.DT.319	13211-02080	508T	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		46.50	-0.00004	0.00027	0.00057	11.63	33.37	35.34		✓		37	3		0	

ตารางที่ 3.8 ผลการศึกษาระบบการวัดในปัจจุบันก่อนการปรับปรุง

รายการ	ชื่อเครื่องมือวัด	หมายเลขเครื่องมือ	บริเวณที่ใช้งาน	คุณลักษณะที่วัด	หมายเลขผลิตภัณฑ์	รุ่นของผลิตภัณฑ์	ความสามารถของเครื่องจักร(C_p)			ความสามารถของกระบวนการ(C_{Pk})		ค่าอนุโลม		ตัวสถิติ	
							≥ 1.33 ยอมรับ	≤ 1.33 ปรับปรุง	ค่าคำนวณ	≥ 1.33 ยอมรับ	≤ 1.33 ปรับปรุง	สูงสุด	ต่ำสุด	$\bar{\bar{X}}$ มม.	σ มม.
1	Dial Gauge	ID.NO.DT.155	สายการผลิตที่ 4	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-05030	2L		✓	1.09		✓	91.960	91.950	91.956	0.0015
2	Dial Gauge	ID.NO.DT.334	สายการผลิตที่ 6	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-05020	5L		✓	1.21		✓	99.470	99.460	99.465	0.0013
3	Dial Gauge	ID.NO.DT.307	สายการผลิตที่ 5	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-05030	122F		✓	0.99		✓	91.960	91.950	91.955	0.0017
4	Dial Gauge	ID.NO.DT.338	สายการผลิตที่ 19	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-0D050	3ZZ		✓	1.18		✓	78.915	78.905	78.910	0.0004
5	Dial Gauge	ID.NO.DT.319	สายการผลิตที่ 21	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	13211-02080	508T		✓	1.14		✓	78.625	78.615	78.620	0.0015

ตารางที่ 3.9 ผลการศึกษาค่า C_p และ C_{pk} ในปัจจุบันก่อนการปรับปรุง

รายการ	หมายเลขผลิตภัณฑ์	รุ่นของผลิตภัณฑ์	ความสามารถของเครื่องจักร (Cp)	% ความผันแปรระบบการวัด (GR&R)		ความสามารถของเครื่องจักร (Cp)	ความสามารถของกระบวนการ (C_{PK})	% ความผันแปรระบบการวัด (GR&R)		ความสามารถของกระบวนการ (C_{PK})
			ค่าคำนวณ	ค่าคำนวณ	ค่าปัดเศษ	ค่าจริง	ค่าคำนวณ	ค่าคำนวณ	ค่าปัดเศษ	ค่าจริง
1	13211-05030	2L	1.09	38.01	40	0.97	0.93	38.01	40	0.85
2	13211-05020	5L	1.21	52.54	50	1.09	1.18	52.54	50	1.07
3	13211-05030	122F	0.99	34.49	30	0.93	0.96	34.49	30	0.91
4	13211-0D050	3ZZ	1.18	57.47	60	0.91	1.09	57.47	60	0.87
5	13211-02080	508T	1.14	35.34	40	1.01	1.05	35.34	40	0.94

ตารางที่ 3.10 แสดงค่า C_p/C_{pk} ที่แท้จริงจากค่า C_p/C_{pk} และค่า GR&R ก่อนการปรับปรุง