หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการแก้ไขปรับปรุง

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัด

จากตารางที่ 3.7 ที่แสดงผลการเปรียบเทียบระบบการวัด ณ ขั้นตอนการกลึงรูปย่อย ขั้นตอนการ "กลึงละเอียด" พบว่าระบบการวัด ณ ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อยไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะให้ผลการวัดค่า "ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่ความผันแปรจากระบบการวัดน้อยเพียงพอที่จะยอมรับได้ เนื่องจากผลการศึกษาความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านความกว้าง (R&R) ณ กระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย ขั้นตอน "การกลึงละเอียด" ของลูกสูบทั้ง 5 รุ่น มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยที่เกณฑ์มาตรฐาน คือ

1. ความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias)

% Bias $\leq$ 10% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข

10% < % Bias $\leq$ 30% อาจจะยอมรับได้ (ให้พิจารณาปัจจัยอื่นๆ อาทิ การประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่าย ฯลฯ

% Bias > 30% ไม่สามารถยอมรับได้ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข

2. ความผันแปรด้านความกว้าง

% GR&R $\leq$ 10% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข

10% < % GR&R $\leq$ 30% อาจจะยอมรับได้ (ให้พิจารณาปัจจัยอื่นๆ อาทิ การประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่าย ฯลฯ

% GR&R > 30% ไม่สามารถยอมรับได้ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข

รุ่นลูกสูบ	ความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias)	ความผันแปรด้านความกว้าง (GR&R)
2L	39.22	38.01
5L	26.73	26.96
122F	50.00	28.37
508T	26.73	57.47
3ZZ	46.50	35.34

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการศึกษาระบบการวัด ณ ขั้นตอนกลึงละเอียด

สรุปผลการวิเคราะห์ผลการศึกษาระบบการวัด ณ ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อยขั้นตอนการขัดละเอียด ดังตารางที่ 4.1 ได้ว่าระบบการวัด ณ ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อยไม่เหมาะสม เนื่องจากผลการศึกษาค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) มากกว่าเกณฑ์เปรียบเทียบมาตรฐาน

ด้วยเหตุนี้ทำให้ผลการศึกษาค่าความสามารถเครื่องจักรและความสามารถของกระบวนการ ณ ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและควบคุมกระบวนการได้ จำเป็นต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ในระบบการวัด ณ ขั้นตอนกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ที่มีค่าสูงเสียก่อน โดยกำหนดวิธีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความผันแปรของระบบการวัด ณ "ขั้นการกลึงละเอียด"ดังกล่าวให้ลดน้อยลงเสียก่อน จากนั้นทำการทดลองศึกษาระบบการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" อีกครั้งหนึ่งและคำนวณค่าความผันแรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GRR) เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน โดยถ้าผลการเปรียบเทียบค่าคำนวณความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และด้านกว้าง (GRR)จากระบบการวัดที่ปรับปรุงใหม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานจึงสามารถที่จะข้อมูลจากกระบวนการกลึงย่อย ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด"อีกครั้งหนึ่งและวัดผลตามวิธีการวัดที่ปรับปรุงแล้ว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ และเครื่องจักรเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและควบคุมกระบวนการต่อไป

ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาแบบแผนภูมิก้างปลามาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ความผันแปรในระบบการวัดที่ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อหาแนวทางแก้ไขปรับปรุง รูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงแผนภูมิก้างปลาการวิเคราะห์ปัญหาความผันแปรด้านตำแหน่งและความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ตามลำดับ

จากแผนภูมิก้างปลา รูปที่ 4.1. และ 4.13 ที่ผู้วิจัยใช้วิเคราะห์ปัญาหที่เป็นสาเหตุให้ความผันแปรในระบบการวัดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตราฐาน ซึ่งเป็นสาเหตุให้ความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ณ ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนกลึงละเอียด" มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานนั้นดังสรุปไว้เป็น 4หัวข้อหลัก สำหรับแผนภูมิก้างปลาแต่ละแผนภูมิ ดังนี้

1. ปัญหาหลัก
2. วิธีการปัจจุบัน
3. ผลกระทบ
4. แนวทางการแก้ไข

4.1.1 สรุปผลวิเคราะห์ข้อมูลระบบการวัดความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และการแก้ไขปรับปรุง

4.1.1.1ปัญหาหลัก

จากแผนภูมิก้างปลาสำหรับค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) รูปที่ 4.1ผู้วิจัยสรุปปัญหาหลักที่เป็นสาเหตุทำให้ผลการศึกษาค่า Bias ณ กระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนกลึงละเอียด" มีค่าสูงกว่า

เกณฑ์มาตรฐานมี 4 ประการคือ

1. อุปกรณ์ช่วยในการวัด (ลูกสูบมาสเตอร์: Master Piston)) มีความเที่ยงตรง (Accuracy) ไม่เพียงพอ
2. อุปกรณ์การวัด (Dial Gage) ที่ใช้วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกสูบมีความสามารถในการแยกแยะ (Resolution) ไม่เหมาะสมเพียงพอที่จะแยกแยะความผันแปรของลูกสูบได้
3. วิธีการปรับตั้ง (Set-up) อุปกรณ์การวัดไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน
4. สภาพแวดล้อมในการวัดลูกสูบ

4.1.1.2 วิธีการปัจจุบัน

จากแผนภูมิก้างปลาในรูปที่ 4.1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์วิธีการในปัจจุบันที่บริษัทตัวอย่างมีใช้อยู่ เพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่อาจเป็นตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดความผันแปรขึ้นในระบบการวัดของปัญหาหลักทั้ง สี่ประการ ดังแสดงในแผนภูมิก้างปลารูปมีที่ 4.1 ผู้วิจัยปัญหาของวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมปัจจัยต่างๆ ของระบบการวัดในปัจจุบัน โดยสรุปดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือช่วยในการวัด (ลูกสูบมาสเตอร์) พบว่าวิธีการในปัจจุบันนี้ที่บริษัทตัวอย่างใช้ในการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดก่อนการวัดลูกสูบในกระบวนการผลิต "ขั้นตอนกลึงละเอียดทำโดยการนำลูกสูบจากกระบวนการผลิต "ขั้นตอนกลึงละเอียด" ทำโดยการนำลูกสูบจากกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนแล้วมาวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" โดยเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรง คือเครื่อง CMM (Coordinate Measuring Machine) ที่ห้องสอบเทียบของบริษัท จากนั้นจะระบุขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่วัดได้จากเครื่อง CMM ไว้บนตัวลูกสูบ และกำหนดให้ลูกสูบนั้นเป็น "ลูกสูบมาสเตอร์" เพื่อใช้ในการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดต่อไป
2. อุปกรณ์การวัดค่าขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" พบว่าเครื่องมือวัดที่ใช้อ่านค่าวัดที่ได้ระบบการวัดที่บริษัทตัวอย่างใช้อยู่ในปัจจุบันนี้คือ นาฬิกาวัดแบบเข็มหรือไดเอจเกจ

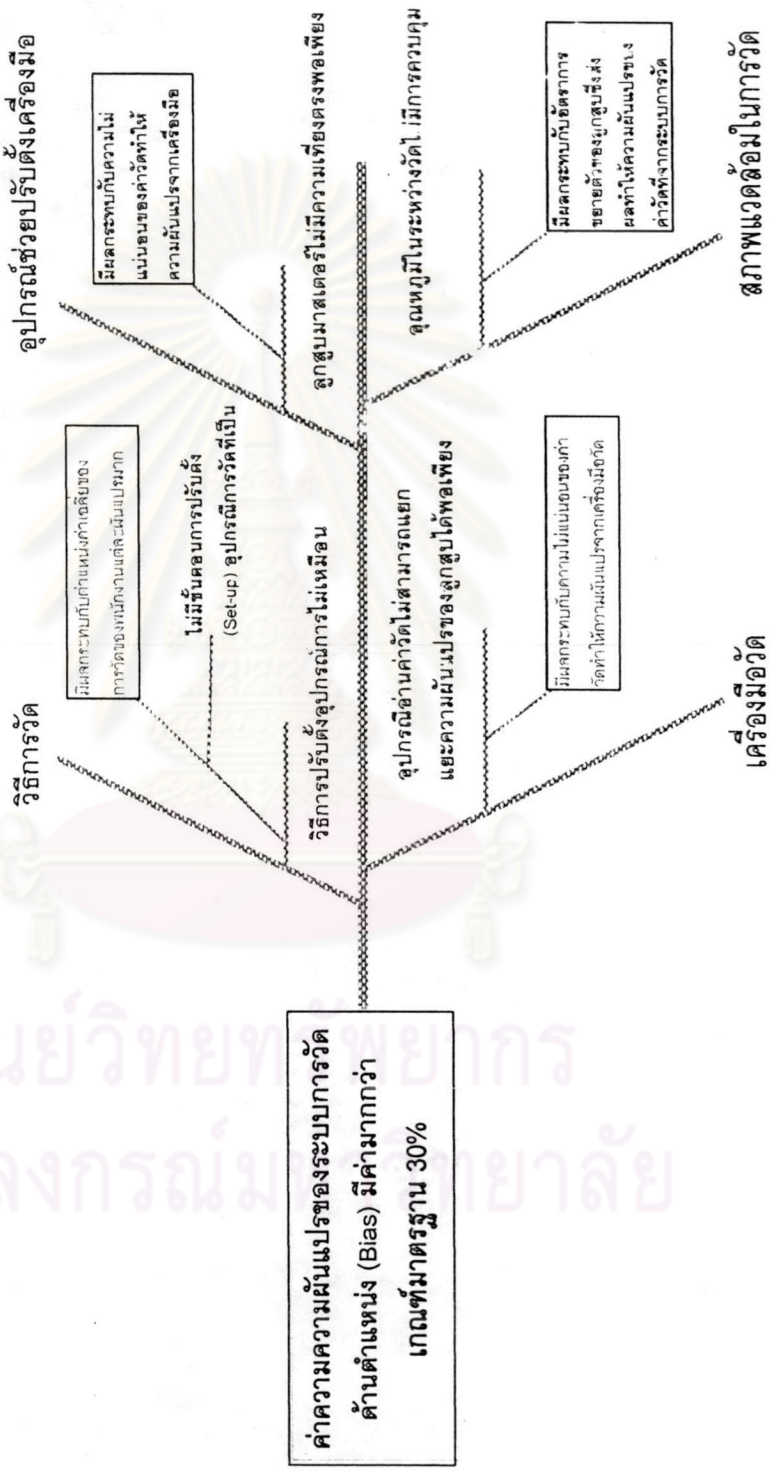
(Dial gage) ที่สามารถอ่านค่าความละเอียดได้น้อยที่สุดเท่ากับ 1/1000 มิลลิเมตร โดยนาฬิกาชนิดนี้ปัจจุบันบริษัทตัวอย่างกำลังใช้อยู่ที่ระบบการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ของสายการผลิตลูกสูบ Toyota ทั้ง 5 รุ่นที่ผู้วิจัยกำลังศึกษาข้อมูลเพื่องานวิจัยนี้

3. วิธีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ผู้วิจัยพบว่าปัจจุบันนี้บริษัทตัวอย่างยังมิได้มีการกำหนดมาตราฐานในการปรับปรุงอุปกรณ์การวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" พนักงานตรวจสอบคุณภาพประจำสายการผลิตปรับตั้งอุปกรณ์การวัดจากความชำนาญซึ่งแต่ละคนมีการปรับตั้งอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน
4. สภาพแวดล้อมในการวัด ผู้วิจัยพบว่าในการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่บริษัทตัวอย่างใช้อยู่ในปัจจุบัน เป็นการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐานที่บริเวณสายการผลิต ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" โดยปราศจากการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการวัดแต่ประการใด

ผู้วิจัยได้สรุปวิธีการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดขนาด " เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ณ ขั้นตอนการกลึงละเอียด" จากรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้นไว้ในตารางที่ 4.2 เพื่อให้ภาพวิธีการปัจจุบันที่บริษัทตัวอย่างใช้ควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลกระทบต่อความผันแปรของระบบการวัดชัดเจนขึ้น

ปัญหาหลัก	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน
1. เครื่องมือช่วยในการวัด	• ใช้ลูกสูบมาสเตอร์จากสายการผลิตและวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลาง" โดยเครื่องวัด CMM
2. อุปกรณ์การวัดขนาด	• ใช้นาฬิกาวัดหรือไดเอจเกจ (Dial gage) ที่ความละเอียดเท่ากับ 1/1000 มิลลิเมตร
3.วิธีการปรับอุปกรณ์การวัด	• ยังไม่มีมาตรฐานการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดที่เป็นมาตรฐาน
4. สภาพแวดล้อม	• ไม่มีการควบคุมาสภาพแวดล้อมในการควบคุมสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.2 สรุปวิธีการควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบกับความผันแปรในระบบการวัดในปัจจุบัน



รูปที่ 4.1 แผนภูมิก้างปลาการวิเคราะห์ปัญหาความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias)

4.1.1.3 **ผลกระทบจากวิธีการปัจจุบัน**

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์วิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ในระบบการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ณ ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ในปัจจุบันดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดทำให้ค่าที่ได้จากการวัดในความผันแปรสูง โดยผู้วิจัยได้อธิบายผลกระทบต่อความผันแปรในระบบการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ในปัจจุบันของบริษัทตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

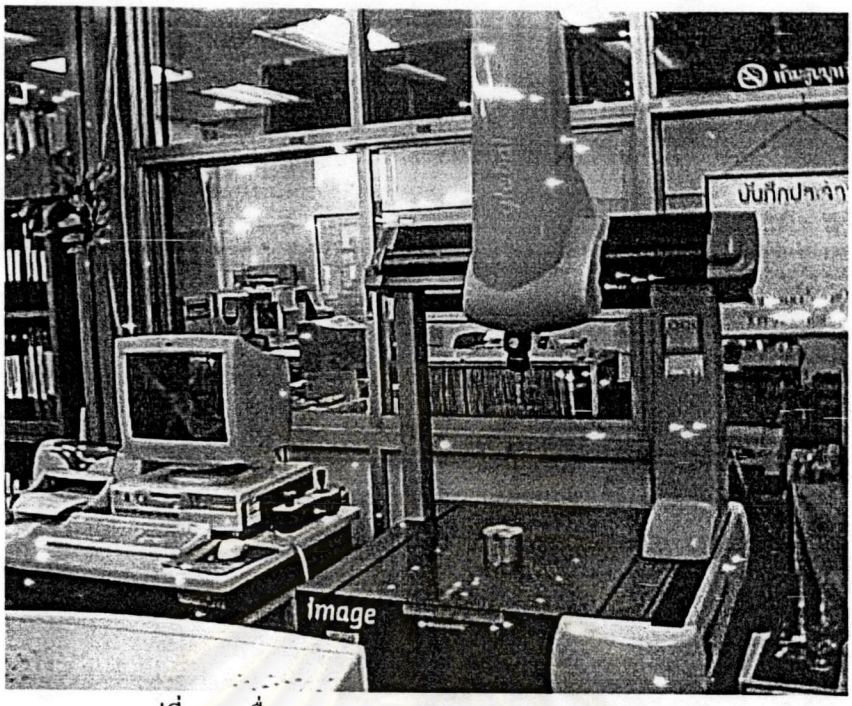
1. อุปกรณ์ช่วยในการวัด เนื่องจากวิธีการในปัจจุบันที่บริษัทตัวอย่างใช้ลูกสูบจากกระบวนการผลิตที่วัดโดยเครื่องที่ CMM ของห้องสอบเทียบของบริษัทมาเป็นลูกสูบมาสเตอร์ เพื่อใช้ปรับตั้งอุปกรณ์การวัดก่อนการใช้อุปกรณ์การวัดนั้นวัดลูกสูบจากกระบวนการผลิต "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" จุดนี้มีโอกาสทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดค่อนข้างสูง เนื่องจากขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลาง" ของลูกสูบแต่ละจุดตลอดแนวเส้นรอบวงของลูกสูบอาจมีความแตกต่างกัน อีกทั้งเมื่อลูกสูบมาสเตอร์ถูกนำไปใช้ปรับตั้งอุปกรณ์การวัดอยู่เป็นประจำ และเป็นระยะเวลานาน จะมีผลทำให้ลูกสูบมาสเตอร์เกิดการสึกหรอ เนื่องจากลูกสูบทำจากอลูมิเนียม เมื่อมีการเสียดสีระหว่างการใช้งานทำให้เกิดการสึกหรอได้สูง ทั้งสองประการที่กล่าวไปแล้วนั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัด เนื่องจากขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลาง" ของลูกสูบมาสเตอร์ที่ระบุไว้ที่ลูกสูบอาจเปลี่ยนแปลงค่าไปแล้ว
2. อุปกรณ์การวัด ปัจจุบันบริษัทตัวอย่างใช้นาฬิกาวัด หรือไดเอจเกจ (Dial gage) ที่มีค่าความสามารถอ่านค่าได้ละเอียดที่สุดเท่ากับ 1/1000 มิลลิเมตร อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพประจำสายการผลิตไม่สามารถอ่านค่าความผันแปรของลูกสูบแต่ละลูกได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากลูกสูบอาจมีความแตกต่างกันน้อยมากซึ่งจุดนี้มีโอกาสทำให้ความผันแปรของระบบการวัดสูงขึ้นได้ เพราะจะมีการปัดเศษ (Round of) เกิดขึ้นเมื่อเข็มนาฬิกาวัดอยู่ระหว่างช่องที่ละเอียดที่สุดของนาฬิกา
3. วิธีการปรับตั้ง (Set-up) อุปกรณ์วัด พบว่าปัจจุบันพนักงานควบคุมคุณภาพประจำสายการผลิต ต้องมีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดก่อนการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ทุกครั้งก่อนทำการวัด แต่ปัญหาที่พบที่จุดนี้ คือ พนักงานควบคุมคุณภาพแต่ละคนมีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดไม่เหมือนกัน เพราะขาดวิธีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่อาจทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดได้ รวมทั้งอาจส่งผลให้ค่าวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่ได้จากระบบการวัดมีค่าผันแปรตามไปด้วย

4. สภาพแวดล้อมในการวัด พบว่าการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบ ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" พนักงานควบคุมคุณภาพ จะวัดขนาดลูกสูบที่กระบวนการผลิตโดยตรง และไม่มีการควบคุมอุณหภูมิในขณะที่ทำการวัดได้ เนื่องจากอุณหภูมิในกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยที่อุณหภูมิมีแนวโน้มค่อนข้างสูงกว่าต่ำ ซึ่งทำให้อัตราการขยายตัวของลูกสูบมีการขยายตัวสูงตามไปด้วยและอาจมีผลทำให้ค่าวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลาง" ผันแปรได้เช่นกัน

เพื่อให้สามารถเห็นภาพวิธีการในปัจจุบัน ที่บริษัทตัวอย่างใช้ในการควบคุมปัจจัย ที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดชัดเจนมากขึ้น ผู้วิจัยได้สรุปวิธีการในปัจจุบัน สำหรับควบคุมปัจจัยต่างๆ ของปัญหาหลักทั้ง 4อย่าง เปรียบเทียบกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ในระบบการวัด ซึ่งอาจทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ปัญหาหลัก	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
1. เครื่องมือช่วยในการวัด	- ใช้ลูกสูบมาสเตอร์จากสายการผลิตและวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลาง" โดยเครื่องวัด CMM	- ความผันแปรของขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ตามแนวเส้นรอบวงของลูกสูบ
2. อุปกรณ์การวัดขนาด	- ใช้นาฬิกาวัดหรือไดเอจเกจ (Dial gage) ที่ความละเอียดเท่ากับ 1/1000 มิลลิเมตร หรือ (1 u)	- ความผันแปรของขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" เนื่องจากการสึกหรอ
3.วิธีการปรับอุปกรณ์การวัด	-ยังไม่มีมาตรฐานการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดที่เป็นมาตรฐาน	- ความผันแปรของขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" เนื่องจากความสามารถแยกแยะของนาฬิกาวัดหรือไดเอจเกจ (Dial gage)
4. สภาพแวดล้อม	- ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมในการควบคุมสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ	- ความผันแปรของขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" เนื่องจากการปรับตั้งเครื่องมือวัดไม่ได้มาตรฐานเดียวกัน - ความผันแปรของขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" เนื่องจากอุณหภูมิทำลูกสูบมีการขยายตัวที่ไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4.3 สรุปวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆในปัจจุบันและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น



รูปที่ 4.2 เครื่อง CMM (Coordinate Measuring Machine)

4.1.1.4 แนวทางการแก้ไข

จากสภาพในปัจจุบันของวิธีการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดดังที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ไว้โดยอาสัยแผนภูมิก้างปลาดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ที่บริษัทตัวอย่างใช้อยู่ ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความผันแปรในค่าวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบได้นั้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จุดอ่อนของวิธีการในปัจจุบันที่บริษัทตัวอย่างใช้ในการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดและเสนอแนวทางแก้ไขที่มีความเป็นไปได้ที่จะลดความผันแปรในระบบการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ลงได้ซึ่งจะสามารถส่งผลให้ค่าวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบมีความผันแปรลดลงอยู่ในเกณฑ์มาตราฐานที่สามารถยอมรับได้แนวทางในการแก้ไขสำหรับวิธีการปัจจุบันที่ผู้วิจัยเสนอแนะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ***<u>ชิ้นงานมาสเตอร์(Master)</u>***

เพื่อเป็นการลดความแตกต่างของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามแนวเส้นรอบวงของลูกสูบมาสเตอร์(Master) และลดปัญหาเรื่องความสามารถต้านทานการสึกหรอของลูกสูบมาสเตอร์ที่ค่อนข้างต่ำเนื่องจากทำจากอลูมิเนียม ผู้วิจัยได้เสนอให้ใช้เกจบล็อค(Block Gage) ที่มีการสอบเทียบ (Calibration) โดยสถาบันที่เป็นที่ยอมรับ เช่น ได้การรับรองจากสมอ.หรือสถาบันที่ได้การรับรอง ISO 17025 เป็นต้น โดยนำเกจบล็อคจำนวนไม่เกินสามชิ้นมาต่อกันให้ได้ขนาดตามมาตราฐานของลูกสูบแต่ละ

รุ่น ผู้วิจัยได้กำหนดเกจบล็อคที่ต้องใช้สำหรับลูกสูบแต่ละรุ่นดังที่แสดงในตารางที่ 4.4 ส่วนมาตรฐานการประกอบเกจบล็อคดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.3 การใช้เกจบล็อคที่ทราบค่าแน่นอนนั้นจะสามารถลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้จากวิธีการในปัจจุบัน (ลูกสูบมาสเตอร์) ดังนี้

ก) ลดความไม่แน่นอนเรื่องขนาดเนื่องจากลูกสูบมาสเตอร์ย่อมมีค่าความผันแปรด้านขนาดสูงกว่าเกจบล็อค

ข) เพิ่มความสามารถต้านทานการสึกหรอเนื่องจากเกจบล็อคทำจากเหล็กต้านทานสนิมและผ่านการชุบแข็ง ทำให้ผิวสัมผัสมีความสามารถต้านทานการเสียดสีได้มากกว่าอลูมิเนียมทำให้การสึกหรอน้อยความผันแปรด้านขนาดจึงน้อยตามไปด้วย ผู้วิจัยได้แสดงรูปอุปกรณ์ช่วยวัดที่ใช้ในปัจจุบันและที่เสนอให้โรงงานตัวอย่างแก้ไขปรับปรุงเพื่อลดความผันแปรในระบบการวัดดังแสดงในรูปที่4.4 และรูปที่ 4.5

หมายเลขชิ้น	รุ่นรถยนต์	ขนาดมาตรฐาน	Block gage			
			ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าอ้างอิง
13211 -05010	2L	91.950	75.00012	15.49996	1.44006	91.94014
13211 - 05020	5L	99.460	75.00012	23.00010	1.44999	99.45021
13211 -02080	508T	78.625	75.00012	2.50004	1.12007	78.62023
133211 -05030	122F	91.950	75.00012	15.49996	1.44006	91.94014
13211 -0D050	3ZZ	78.910	75.00012	2.50004	1.41011	78.91027

ตารางที่ 4.4 ค่ามาตรฐานเกจบล็อคสำหรับใช้ปรับตั้งอุปกรณ์วัดขนาด

วิธีการปฏิบัติงาน 427-15056-21-4.1	เรื่อง : การประกอบเกจบล็อก	วันที่บังคับใช้ 1 ธ.ค. 2545 หน้าที่ : 1 / 1

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อให้มั่นใจว่า การประกอบเกจบล็อคเพื่อใช้ในการเทียบค่าต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะถูกทำโดยวิธีการเดียวกันทุกๆ ครั้งหรือทุกๆ คนที่นำไปใช้งาน จะทำที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้มีความแม่นยำ และถูกต้องเป็นที่ยอมรับของลูกค้า

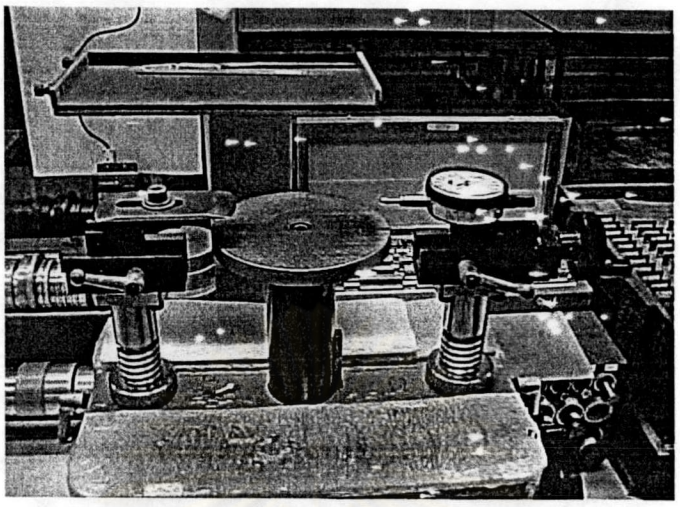
1. การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์
   - 1.1 GAUGE BLOCK ที่ต้องการประกอบ
   - 1.2 MICROMETER
   - 1.3 ถุงมือผ้า (ใช้ในขณะทำการสอบเทียบ)
   - 1.4 วาสรินสำหรับทาเกจบล็อค
   - 1.5 ผ้าที่มีความอ่อนนุ่ม หรือกระดาษที่มีความอ่อนนุ่ม หรือวัสดุอื่นที่อ่อนนุ่มและไม่เป็นขน สำหรับเช็ดเกจบล็อก
2. เริ่มปฏิบัติงาน
   - 2.1 ใส่ถุงมือทุกครั้งที่ใช้เกจบล็อก
   - 2.2 นำเกจบล็อคที่ต้องการประกอบมาทาด้านหน้าด้วยวาสริน แล้วเช็ดด้วยผ้าที่ไม่เป็นขน
   - 2.3 ประกอบเกจบล็อคโดยนำเกจบล็อคที่ยาวกว่าวางด้านล่างแล้วนำชิ้นที่บางกว่าวางด้านบน โดยทำมุมประมาณ 45 องศาในแนวราบแล้วกดและบิดพร้อมๆ กันให้ชิ้นบนเป็นแนวเดียวกันกับชิ้นล่าง
   - 2.4 เสร็จแล้วให้จับชิ้นที่หนักกว่ายกขึ้นถ้าชิ้นที่ประกอบเข้าด้วยกันไม่หลุดถือว่าใช้ได้
   - 2.5 เพื่อเป็นการทวนสอบค่าที่ประกอบแล้วตรงกับความต้อง หรือไม่ให้ใช้ ไมโครมิเตอร์วัดความยาวทั้งหมดอีกครั้ง
   - 2.6 กรณีประกอบเกจบล็อค 3 ชิ้น ให้นำชิ้นที่บางที่สุดไว้ตรงกลาง
   - 2.7 ห้ามประกอบเกจบล็อคมากกว่า 3 ชิ้น
3. เลิกปฏิบัติงาน
   - 3.1 ให้เช็ดเกจบล็อกให้สะอาด แล้วทาวาสรินทุกครั้ง
   - 3.2 จัดเก็บเกจบล็อกตามช่องที่กำหนดไว้ แล้วเก็บให้เรียบร้อย

รูปที่ 1

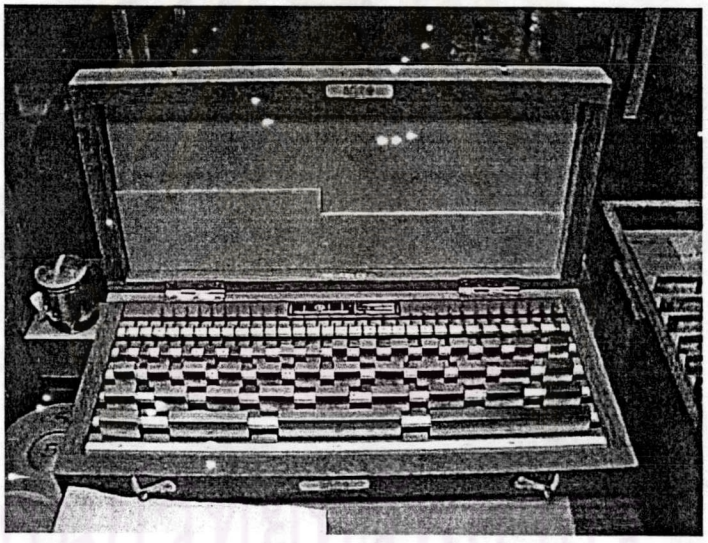
รูปที่ 2

รูปที่ 3

รูปที่ 4.3 มาตรฐานการประกอบเกจบล็อค



รูปที่ 4.4 แท่นวัด



รูปที่ 4.5 เกจบล็อค

2. *อุปกรณ์การวัด (Dial Gage)*

เพื่อเป็นการเพิ่มความสามารถในการแยกแยะของอุปกรณ์การอ่านค่าวัดคือ นาฬิกาวัดหรือไดเอจเกจ (Dial Gage) ผู้วิจัยได้เสนอให้บริษัทตัวอย่างใช้อุปกรณ์การอ่านค่าที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น คือ ใช้ไดเอลเกจที่อ่านค่าได้ละเอียดถึง 5/10000 มิลลิเมตร การใช้อุปกรณ์อ่านค่าวัดที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้นทำให้นาฬิกาวัดสามารถที่จะตรวจจับความผันแปรที่เกิดขึ้นในขนาดของลูกสูบได้เร็วมากขึ้น เป็นการเพิ่มความสามารถในการแยกแยะ (Discrimination) ของอุปกรณ์อ่านค่าวัด

ของระบบการวัด ซึ่งส่งผลให้ค่าวัดขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"ของลูกสูบมีความผันแปรน้อยลงตามไปด้วย ผู้วิจัยได้แสดงรูปอุปกรณ์การวัดที่ใช้ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับอุปกรณ์การวัดใหม่ที่เสนอให้โรงงานตัวอย่างใช้เพื่อลดความผันแปรในระบบการวัดดังแสดงในรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7

3. ***<u>วิธีการปรับตั้ง (Set-up) อุปกรณ์การวัด</u>***

เพื่อให้พนักงานควบคุมคุณภาพประจำสายการผลิตแต่ละคนมีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดให้เหมือนกันทุกคน ผู้วิจัยได้เขียนมาตรฐานการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดดังแสดงในรูปที่ 4.8 ขึ้นมาเพื่อให้พนักงานควบคุมคุณภาพปฏิบัติตามวิธีการมาตรฐานเดียวกันการปรับปรุงจุดนี้จะส่งผลให้ความผันแปรที่เกิดขึ้นจากการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดที่ไม่เหมือนกันของพนักงานแต่ละคนลดลงส่งผลให้ความผันแปรในระบบการวัดลดลงได้ผลที่ตามก็ คือ ความผันแปรของค่าวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบลดลงไปด้วยเช่นกัน ในรูปที่ 4.9 แสดงการปรับตั้งอุปกรณ์วัดโดยอุปกรณ์ช่วยก่อนการปรับและรูปที่ 4.10 แสดงขั้นตอนหลังการปรับปรุง

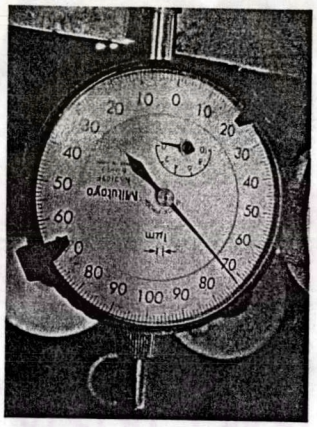
4. ***<u>สภาพแวดล้อมในการวัด</u>***

เพื่อเป็นการควบคุมสภาพแวดล้อมในการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบ ซึ่งโดยปกติอุณหภูมิในบริเวณการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ในสายการผลิตลูกสูบแต่ละรุ่นมีแนวโน้มค่อนข้างสูงเป็นเหตุให้อาจเกิดการขยายตัวของลูกสูบที่ไม่เท่ากัน ได้ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการวัดลูกสูบ ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางแก้ไขและควบคุมอุณหภูมิขณะที่ทำการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบ โดยการวัดลูกสูบในบริเวณที่ควบคุมอุณหภูมิได้โดยใช้บริเวณในส่วนหนึ่งของห้องสอบเทียบ ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ประมาณ 20^{0} C $^{\pm 2}$ จุดนี้จะสามารถลดความผันแปรของลูกสูบเนื่องจากการขยายตัวของลูกสูบให้ลดลงได้ส่งผลให้ความผันแปรของระบบการวัดลดลงไปด้วย และทำให้ค่าวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบมีความผันแปรลดลงด้วยเช่นกัน รูปอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิที่บริษัทตัวอย่างใช้ในการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการวัดดังในรูปที่ 4.11 ใบตรวจอุณหภูมิในห้องสอบเทียบที่ผู้วิจัยออกแบบและเสนอให้บริษัทตัวอย่างนำไปใช้ในการควบคุมอุณหภูมิในห้องสอบเทียบดังรูปมี่ 4.12

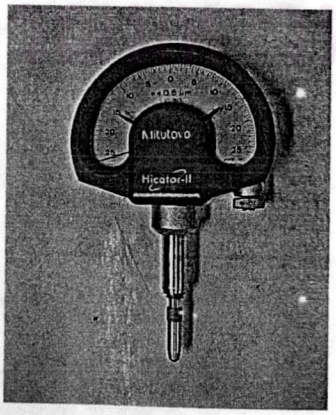
ผู้วิจัยได้สรุปวิธีการปรับตั้งอุปกรณ์วัดขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"ที่ปรับปรุงเปรียบเทียบวิธีการเดิมที่เสนอให้บริษัทตัวอย่างนำไปปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 4.4 (ก)

ก่อนปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
1. ให้ลูกสูบมาสเตอร์ที่วัดขนาดโดยเครื่อง CMM เพื่อใช้ปรับตั้งอุปกรณ์การวัด	1.ใช้เกจบล็อคประกอบกันสามชิ้นในการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด โดยเกจบล็อคต้องได้รับการสอบเทียบขนาดจากองค์การที่เป็นที่ยอมรับ เช่น ISO17025 2.ออกแบบมาตรฐานการประกอบบล็อคเกจ
2.ใช้อุปกรณ์การวัดที่มีความละเอียด1/1000 มิลลิเมตร	1.ใช้อุปกรณ์การวัดที่มีความละเอียด 5/10000 มิลลิเมตร
3.ไม่มีมาตรฐานการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดที่มีความเหมาะสม	1.ออกแบบมาตรฐานการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด
4.ปรับตั้งอุปกรณ์การวัด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ลูกสูบดำเนินการบริเวณสายการผลิตโดยตรงไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ	1.ทำการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ในบริเวณห้องสอบเทียบ 2. ออกแบบใบบันทึกอุณหภูมิขณะปรับตั้ง

ตารางที่ 4.4 (ก) เปรียบเทียบวิธีการปรับตั้งอุปกรณ์วัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ก่อนและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 4.6 Dial gage ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.7 Dial gage ความละเอียด 0.0005 มิลลิเมตร

วิธีการปฏิบัติงาน 427-15056-21-4.2	เรื่อง : การปรับตั้งอุปกรณ์การวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐานลูกสูบ"	วันที่บังคับใช้ : 1 ธันวาคม 2545
		หน้าที่ : 1 / 1

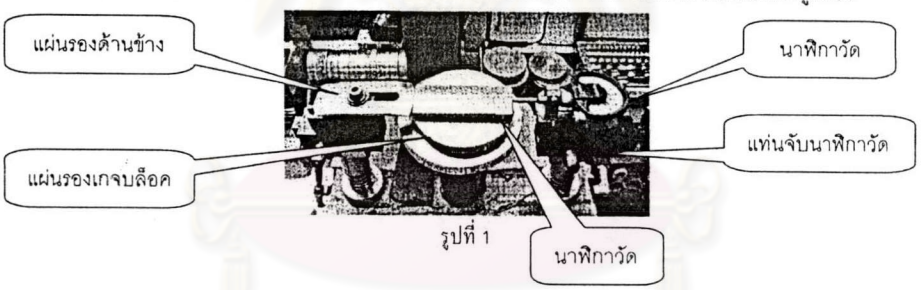
วัตถุประสงค์ : เพื่อให้มั่นใจว่าพนักงานตรวจสอบขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"มีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดที่เหมือนกันทุกครั้งเพื่อลดความผันแปรในระบบการวัด

ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

1. การเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์
   1.1 เตรียมแท่นรองเกจวัดความโตลูกสูบเพื่อตั้งความสูงสำหรับลูกสูบแต่ละรุ่น
   1.2 เตรียมเกจบล็อคมาขนาดมาตรฐานของลูกสูบแต่ละรุ่นมาตารางที่ 1

เริ่มปฏิบัติงาน

2. การปรับตั้งอุปกรณ์การวัด
   2.1 ประกอบเกจบล็อคของลูกสูบแต่ละรุ่นตามค่าในตารางที่ 1 โดยประกอบเกจบล็อคตามมาตรฐานการประกอบเกจบล็อคหมายเลข 427-15056-21-4.1
   2.2 ปรับแท่นจับนาฬิกาวัดจนแก่นวัดขนาดของนาฬิกาวัดอยู่บริเวณกึ่งกลางของเกจบล็อครูปที่ 1
   2.3 นำเกจบล็อควางบนแท่นรองแล้วระหว่างแผ่นรองด้านข้างและแก่นเข็มวัด
   2.4 ปรับหน้าปัทม์นาฬิกาวัดจนเข็มอ่านค่าชี้ที่เลขศูนย์
   2.5 นำเกจบล็อคออกจากแท่นรองแล้วทำตามที่ 2.3-2.5 สามครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าค่าปรับตั้งถูกต้อง



รูปที่ 1

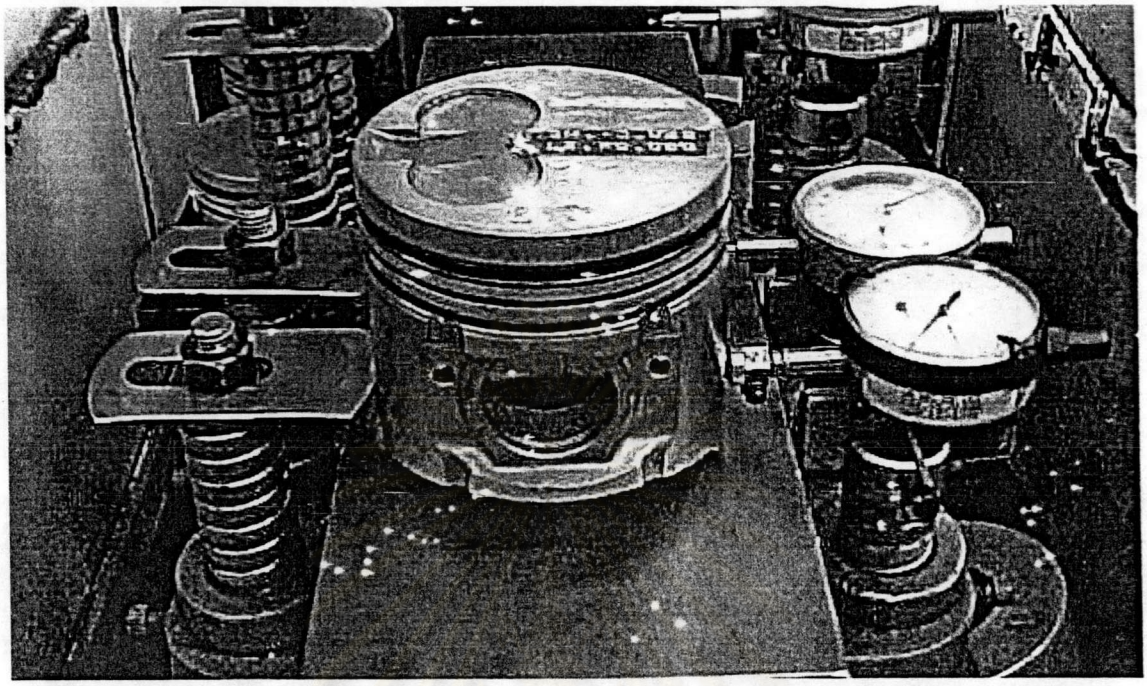
รูปที่ 1 ลายเลขชิ้น	รุ่นรถยนต์	ขนาดมาตรฐาน	Block gage			
			ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าอ้างอิง
13211 -05010	2L	91.950	75.00012	15.49996	1.44006	91.94014
13211 - 05020	5L	99.460	75.00012	23.00010	1.44999	99.45021
13211 -02080	508T	78.625	75.00012	2.50004	1.12007	78.62023
133211 -05030	122F	91.950	75.00012	15.49996	1.44006	91.94014
13211 -0D050	3ZZ	78.910	75.00012	2.50004	1.41011	78.91027

ตารางที่ 1

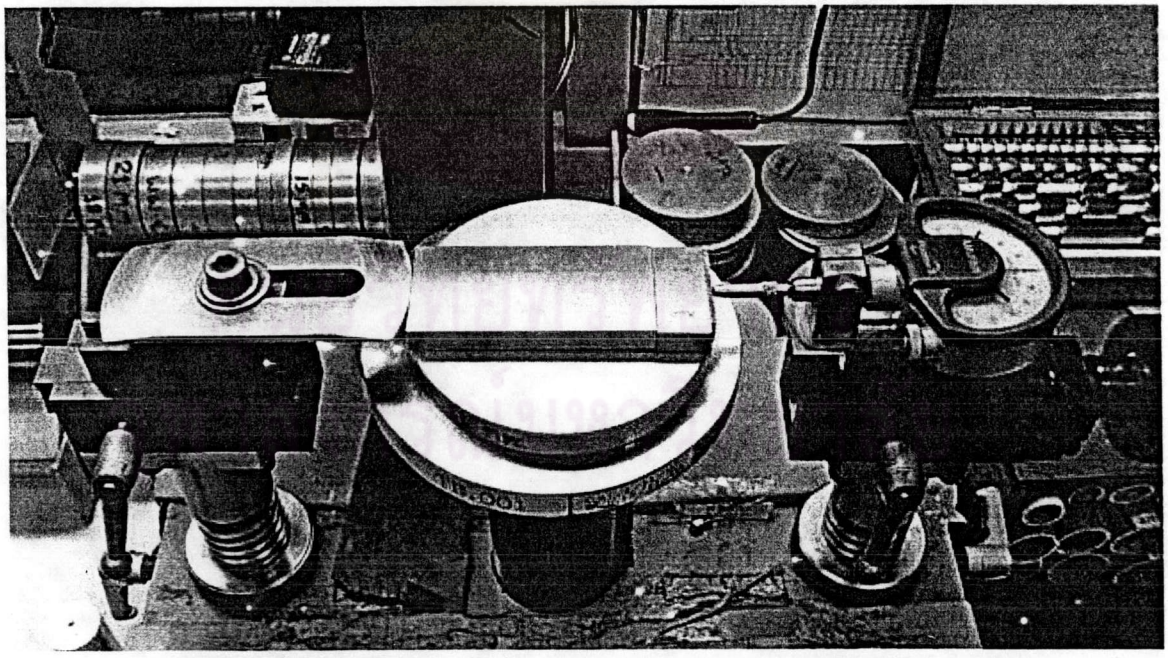
ก่อนเลิกปฏิบัติงาน

3. ทำความสะอาดเกจ และจัดเก็บแผ่นรองให้เรียบร้อย

รูปที่ 4.8 มาตรฐานการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด

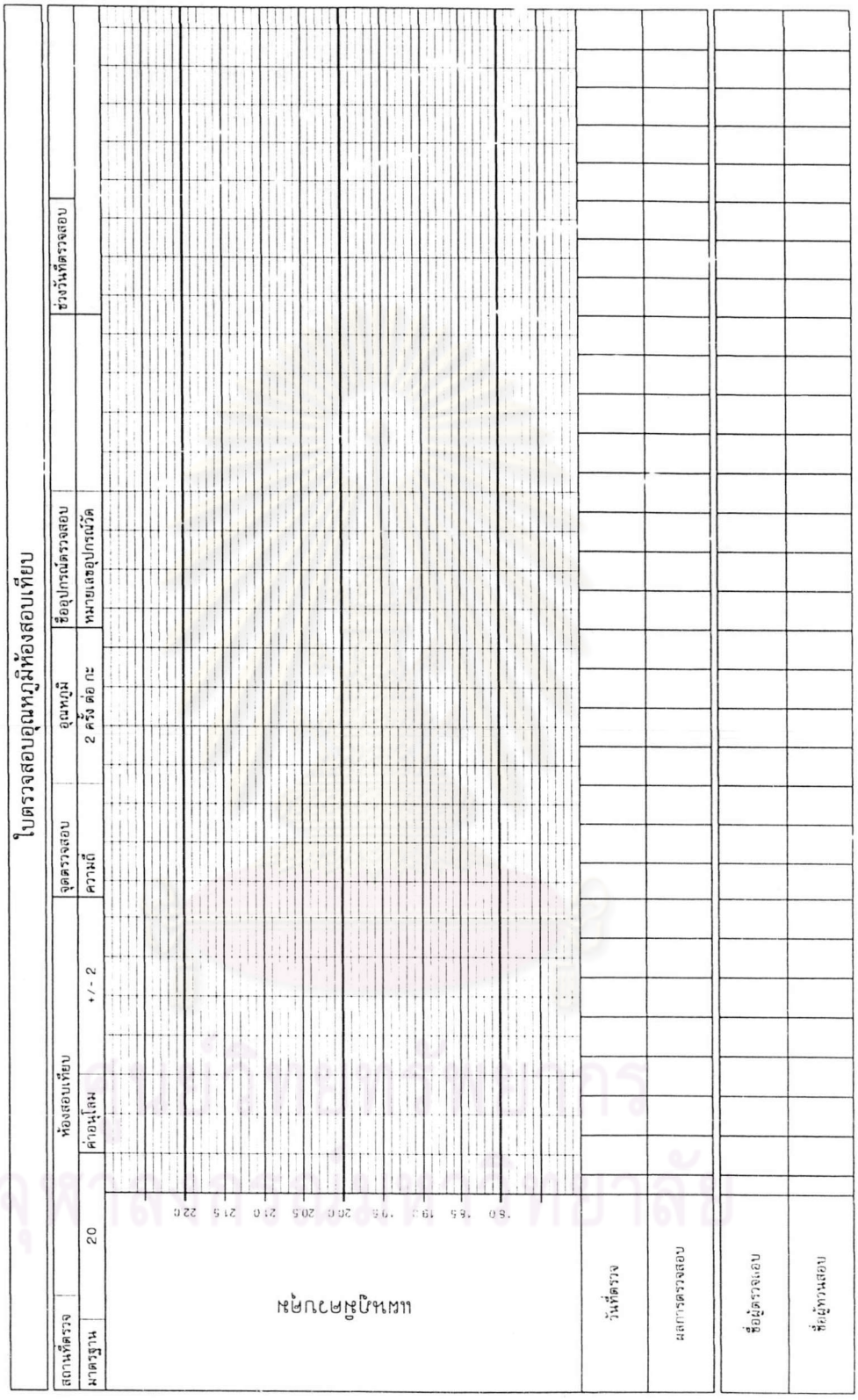


รูปที่ 4.9 วิธีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดก่อนปรับปรุง

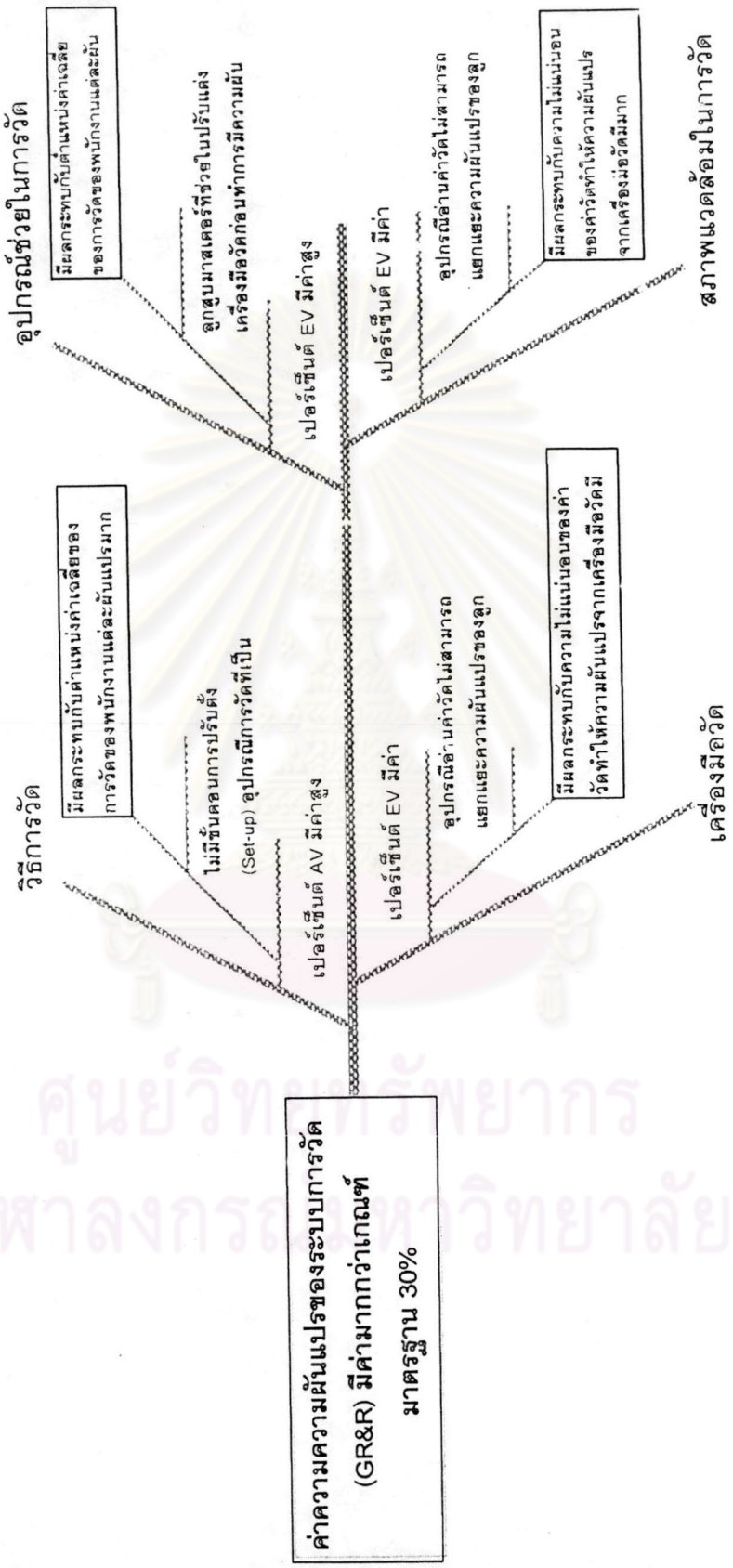


รูปที่ 4.10 วิธีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดหลังปรับปรุง

รูปที่ 4.11 อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิในห้องสอบเทียบ



รูปที่ 4.12 ใบตรวจอุณหภูมิในห้องสอบเทียบ



รูปที่ 4.13 แผนภูมิก้างปลาการวิเคราะห์ปัญหาความผันแปรด้านกว้าง (GR&R)

4.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลระบบการวัดความผันแปรด้านกว้าง (GR&R)

จากแผนภูมิก้างปลารูปที่ 4.13 ที่ผู้วิจัยใช้วิเคราะห์ปัญหาที่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ในสายการผลิตของลูกสูบทั้ง 5 รุ่น จากแผนภูมิก้างปลาดังกล่าวพบปัญหาหลักที่อาจทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดมีอยู่ 4 ประการคือ

1. วิธีการวัด
2. อุปกรณ์ช่วยในการวัด
3. เครื่องมือวัด
4. สภาพแวดล้อมในการวัด

ปัญหาหลักทั้ง 4 ประการที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้นำมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) จากตารางที่ 3.9 ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3เพื่อแสดงในเห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความผันแปรที่เกิดจากผู้ที่ทำการวัด (AV: Appraiser Variation) และความผันแปรที่เกิดจากอุปกรณ์การวัด (EV: Equipment Variation) กับปัญหาหลักทั้ง 4 ประการที่เกิดขึ้นในระบบการวัดของสายการผลิตของลูกสูบทั้ง 5 รุ่นดังแสดงในตารางที่ 4.5

ปัญหาหลัก	ชนิดความผันแปร	ค่าเฉลี่ยผลการศึกษาก่อนปรับปรุง
1. วิธีการวัด	AV	17.57
2. อุปกรณ์ช่วยในการวัด	AV	17.57
3. เครื่องมือวัด	EV	47.73
4.สภาพแวดล้อมในการวัด	AV	17.57

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ AV และ EV

ถ้าวิเคราะห์ปัญหาหลักจากแผนภูมิก้างปลาที่ 4.13 ที่ผู้วิจัยใช้วิเคราะห์ปัญหาที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ในสายการผลิตลูกสูบ พบว่าปัญหาหลักที่อาจทำให้เกิดความผันแปรขั้นในระบบการวัดมีลักษณะ เช่นเดียวกันกับปัญหาหลักที่พบในแผนภูมิก้างปลาที่ 4.1 ที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาที่อาจเป็นสาเหตุของความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) โดยปัญหาหลักที่เหมือนกันมี 3 ประการคือ

1. อุปกรณ์ช่วยในการวัด
2. เครื่องมือวัด
3. สภาพแวดล้อมในการวัด

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาหลักทั้ง 3 ประการข้างต้นไปแล้วในหัวข้อ4.1.1 โดยวิธีการแก้ไขดังกล่าวจะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมระบบการวัดเพื่อ

ลดความผันแปรวัดด้านกว้าง (GR&R) ด้วยเช่นกัน แนวทางแก้ไขที่ผู้วิจัยได้เสนอให้บริษัทตัวอย่างนำไปแก้ไขในหัวข้อ 4.1.1 สามารถที่จะมีผลทำให้ความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ในระบบการวัดลดลงด้วยเช่นกันผู้วิจัยได้สรุปแนวทางแก้ไขที่ทำไปในหัวข้อที่ 4.1.1 และอาจลดความความผันแปรในระบบการวัดซึ่งอาจทำให้ผลรวมความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ลดลงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.6 อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาหลักหนึ่งประการที่ผู้วิจัยต้องวิเคราะห์โดยใช้ขั้นตอนเดียวกับที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาในหัวข้อที่ 4.1.1

ก่อนปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
1. ให้ลูกสูบมาสเตอร์ที่วัดขนาดโดยเครื่อง CMM เพื่อใช้ปรับตั้งอุปกรณ์การวัด	1.ใช้เกจบล็อคประกอบกันสามชิ้นในการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด โดยเกจบล็อคต้องได้รับการสอบเทียบขนาดจากองค์การที่เป็นที่ยอมรับ เช่น ISO17025
2. วัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ลูกสูบ ณ บริเวณสายการผลิตโดยตรงไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ	2. วัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ลูกสูบ ณ บริเวณที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ห้องสอบเทียบ
3.ใช้อุปกรณ์การวัดที่มีความละเอียด1/1000 มิลลิเมตร	3.ใช้อุปกรณ์การวัดที่มีความละเอียด5/10000 ลลิเมตร

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบวิธีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดก่อนและหลังการปรับปรุง

4.1.2.1 วิธีการในปัจจุบัน

ผู้วิจัยพบว่าวิธีการในปัจจุบันที่บริษัทตัวอย่างใช้ในการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้ความผันแปรระบบการวัดด้านกว้าง (GR&R) ยังไม่มีความเหมาะสมซึ่งในหัวข้อนี้จะวิเคราะห์เฉพาะเรื่องการวัดเท่านั้น

วิธีการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ณ ขั้นตอนกลึงละเอียด" เป็นวิธีการที่มีโอกาสทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดได้ กล่าวคือก่อนทำการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบพนักงานควบคุมคุณภาพในสายการผลิตต้องใช้ลูกสูบมาสเตอร์ปรับตั้งอุปกรณ์การวัด และวัดลูกสูบในสายการผลิต ซึ่งจุดนี้มีโอกาสอย่างมากที่จะทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัด จากที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.1.1 ที่ลูกสูบมาสเตอร์เป็นปัญหาหลักประการหนึ่งที่อาจเกิดความผันแปรในระบบการวัดได้

4.1.2.2 ผลกระทบของวิธีการปัจจุบัน

วิธีการปัจจุบันที่บริษัทตัวอย่างใช้ควบคุมปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดความผันแปรในระบบการวัด ซึ่งผู้วิจัยจะวิเคราะห์เฉพาะในส่วนวิธีการวัดเพราะเป็นจุดเดียวที่แตกต่างจากแผนภูมิก้างปลาที่ 4.1 ของการวิเคราะห์ปัญหาความผันแปรในระบบการวัดด้านตำแหน่ง (Bias)

<u>จากวิธีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด</u> โดยใช้ลูกสูบมาสเตอร์ที่มีความผันแปรก่อนการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" แน่นอนที่ผลการวัดขนาดจากระบบการวัดที่ได้ย่อมมีความผันแปรตามไปด้วยเช่นกัน ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากวิธีการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่ยังไม่เหมาะสม

4.1.2.3 แนวทางการแก้ไข

เพื่อเป็นการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นจากวิธีการวัดในปัจจุบัน ผู้วิจัยได้เขียนมาตรฐานการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบขึ้นมาใหม่ โดยมีการปรับเปลี่ยนขั้นตอนต่างๆ ใหม่ ดังต่อไปนี้

1. การปรับตั้งอุปกรณ์การวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ให้ใช้เกจบล็อตตามค่าต่างๆ ในตารางที่ 4.4 หัวข้อที่ 4.1.1
2. การวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบให้ทำการวัดบริเวณห้องสอบเทียบที่มีการควบคุมอุณหภูมิ
3. อุปกรณ์การวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ลูกสูบให้ใช้นาฬิกาวัด หรือไดอลเกจ (Dial gage) ที่มีความละเอียด 5/10000 มิลลิเมตร

ผู้วิจัยได้สรุปวิธีการวัดขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"ที่ปรับปรุงเปรียบเทียบวิธีการเดิมดังแสดงในตารางที่ 4.7 ขั้นตอนมาตรฐานการวัดลูกสูบตามวิธีที่ผู้วิจัยเสนอให้บริษัทตัวอย่างนำไปปรับปรุงดังแสดงรูปที่ 4.14

ก่อนปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
1. ให้ลูกสูบมาสเตอร์ที่วัดขนาดโดยเครื่อง CMM เพื่อใช้ปรับตั้งอุปกรณ์การวัด	1.ใช้เกจบล็อคประกอบกันสามชิ้นในการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด โดยเกจบล็อคต้องได้รับการสอบเทียบขนาดจากองค์การที่เป็นที่ยอมรับ เช่น ISO17025
2. วัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ลูกสูบ ณ บริเวณสายการผลิตโดยตรงไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ	2. วัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ลูกสูบ ณ บริเวณที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ห้องสอบเทียบ
3.ใช้อุปกรณ์การวัดที่มีความละเอียด1/1000 มิลลิเมตร	3.ใช้อุปกรณ์การวัดที่มีความละเอียด5/10000 ลลิเมตร
4. มาตรฐานการวัดขนาดไม่เหมาะสม	4.แก้ไขปรับปรุงมาตรฐานการวัดขนาดลูกสูบใหม่

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบวิธีการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐานก่อนและหลังการปรับปรุง

4.13 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบการวัดหลังการปรับปรุง

จากแนวทางการแก้ไขปรับปรุงวิธีการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัด ดังที่ผู้วิจัยได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 4.1.1 และ 4.1.2 สามารถสรุปได้ 4 ประการที่ต้องทำการปรับปรุงดังนี้

1. จัดทำมาตรฐานการใช้เกจบล็อค
2. จัดทำมาตรฐานการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด

วิธีการปฏิบัติงาน	เรื่อง : การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐานของลูกสูบ ณ กระบวนการกลึงละเอียด	วันที่บังคับใช้ 1 ธันวาคม 2545
427-15056-21-4.3		หน้าที่ : 1 / 1

วัตถุประสงค์ : เพื่อให้มั่นใจว่า เทเปอร์ลูกสูบ จะได้รับการตรวจสอบค่า ด้วยวิธีการที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องตรงตามแบบกำหนด

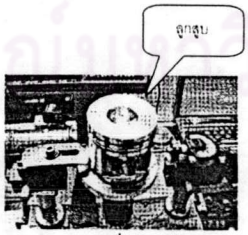
ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

1. การเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์
   - 1.1 เตรียมแท่นเกจวัดความโตลูกสูบตั้งความสูงเท่ากับจุดสูงสุดของขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"ลูกสูบ
   - 1.2 เตรียมเกจบล็อคตามตารางมาตรฐานค่ามาสเตอร์ของลูกสูบแต่ละรุ่นดังเอกสารแนบที่ 1โดยประกอบบล็อคตามมาตรฐานการประกอบ
   - 1.3 เตรียมนาฬิกาวัดความละเอียด 5/10000 มิลลิเมตร
2. ลูกสูบที่จะนำมา ทำการวัดจะต้องผ่านกระบวนการกลึงขึ้นรูป"ขั้นตอนการกลึงละเอียด"แล้ว

เริ่มปฏิบัติงาน

3. การวัดขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"ลูกสูบ
   - 3.1 นำเกจบล็อคที่ประกอบตามตารางมาตรฐานของลูกสูบแต่ละรุ่นตามเอกสารแนบที่ 1 วางไว้บนแผ่นรองจากนั้นเลื่อนเกจบล็อคเข้าไประหว่างนาฬิกาวัดและแผ่นรองด้านข้างปรับหน้าปัทม์นาฬิกาวัดจนเข็มชี้ที่เลขศูนย์
   - 3.2 นำลูกสูบที่ต้องการวัดขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"วางบนแท่นรองวัดเลื่อนลูกสูบเข้าไประหว่างนาฬิกาวัดและแผ่นรองข้าง หมุนลูกสูบตามแนวเส้นรอบวงให้สังเกตเข็มของนาฬิกาวัดว่าหยุดอยู่ ณ ขีดที่เท่าใด จากนั้นให้อ่านค่าโดยที่ค่านั้นคือค่าที่แท้จริง
   - 3.3 บันทึกผลของขนาดเส้นผ่าศูนย์ที่วัดได้ในตารางของแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ หรือที่ใบบันทึกขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"แล้วแต่กรณี
   - 3.4 กรณีค่าที่วัดได้ไม่อยู่ในค่าที่กำหนดให้ถือว่า "ไม่ผ่าน" ให้ทำการมาร์คสีแดง และ/หรือ ทำการชี้บ่ง ตามที่แต่ละกระบวนการกำหนดไว้แล้ว ให้แยกออกจากของดีทันที

รูปที่ 1



รูปที่ 2

รูปที่ 3

ก่อนเลิกปฏิบัติงาน

4. ทำความสะอาดเกจ และจัดเก็บแผ่นรองให้เรียบร้อย
5. จัดเก็บลูกสูบดี และลูกสูบเสีย ตามที่แต่ละกระบวนการกำหนด

รูปที่ 4.14 มาตรฐานการวัดลูกสูบ

3. จัดทำมาตรฐานการวัดลูกสูบ
4. ใช้นาฬิกาวัดหรือไดเอจเกจที่มีความละเอียด 5/10000 มิลลิเมตร
5. วัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบในบริเวณที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้
6. ใบตรวจสอบอุณหภูมิในห้องสอบเทียบดังแบบฟอร์มแสดงในภาคผนวก ค

ขั้นตอนการปรับปรุงระบบการวัด ณ " ขั้นตอนการกลึงละเอียด " ผู้วิจัยดำเนินตามขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัดที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 3 รูปที่ 3.7 ซึ่งขั้นตอนการปรับปรุงจะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4เป็นต้นไปดังแสดงในรูปที่ 4.15

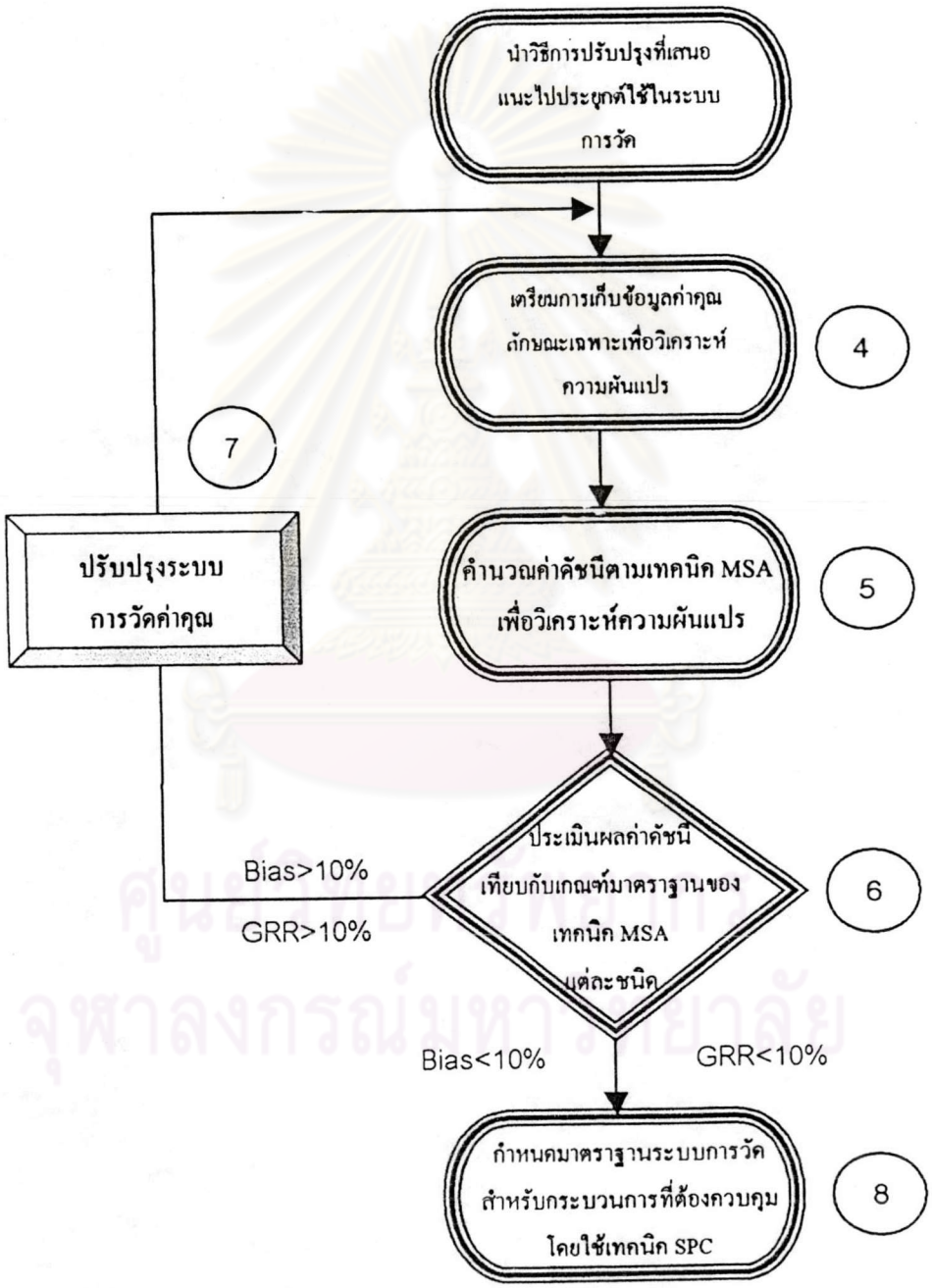
ผู้วิจัยได้นำวิธีการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรในระบบการวัด ที่เสนอไว้ในหัวข้อ 4.1.1 และ 4.1.2 ไปปฏิบัติใช้ในช่วงวันที่ 2-10 ธันวาคม 2545 จากนั้นก็ทำการเก็บข้อมูลจากวิธีการวัดใหม่ ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" อีกครั้งหนึ่ง เพื่อนำข้อมูลจากระบบการวัดทั้ง 5 สายการผลิตของลูกสูบ
ทั้ง 5รุ่นที่ทำการวิจัยมาคำนวณค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) โดยผลการคำนวณค่าความผันแปรทั้งสองอย่างดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.8 ส่วนข้อมูลที่สุ่มมาจากระบบการวัดหลังการปรับปรุงแล้วดังแสดงรายละเอียดไว้ใน<u>ภาคผนวก ค</u>

จากผลการคำนวณค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานพบว่า ค่าความผันแปรทั้งสอบแบบตกอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คืออยู่ระหว่าง 10% ถึง 30 % ซึ่งการที่จะปรับปรุงระบบการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ณ "ขั้นตอน
การกลึงละเอียด" ของลูกสูบทั้ง 5 รุ่นที่ผู้วิจัยทำการวิจัยต้องมีการลงทุนด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยวัด รวมทั้งต้องใช้เวลาในการปรับปรุงอีกระยะหนึ่งซึ่งผู้วิจัยมิสามารถทำได้ในระยะเวลาและงบประมาณที่จำกัด

จากการปรับปรุงวิธีการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรด้านตำแหน่ง(Bias และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ผู้วิจัยได้นำผลการคำนวณที่ได้หลังจากการปรับปรุงเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่ได้ก่อนการปรับปรุงที่ได้ศึกษาไว้ในบทที่3 เพื่อแสดงให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์ของค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ที่ลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.9 ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผู้วิจัยหยุดการปรับปรุงระบบการวัด

อย่างไรก็ตามเพื่อแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาที่ดีของระบบการวัดหลังจากมีการปรับปรุงวิธีการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรด้านตำแหน่ง(Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถของเครื่อง

จักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) กับค่าความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) โดยใช้ผลการศึกษาความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ของกระบวนการกลึงย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ที่ได้ศึกษาไว้ในบทที่ 3โดยผลการเปรียบเทียบดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.10



รูปที่ 4.15 ขั้นตอนการปรับปรุงระบบการวัด

จากตารางที่ 4.10 ผลเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) กับความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ของระบบการวัดพบว่า เมื่อค่าความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) มีค่าอยู่ระหว่าง 10ถึง 15เปอร์เซ็นต์ ค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ที่ได้จากการคำนวณไม่มีความแตกต่างกับค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ที่เป็นค่าจริง (True Value) อย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปว่าวิธีการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ที่ผู้วิจัยเสนอให้บริษัทตัวอย่างปรับปรุง และเป็นผลให้ค่าความผันแปรทั้งสองประการในระบบการลดลง สามารถที่จะนำมาเป็นวิธีการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" เพื่อศึกษาความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของเครื่องจักร (C_{pk}) เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงและกำหนดแผนภูมิควบคุมกระบวนการที่เหมาะสม ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณค่า Bias และ GR&R หลังการปรับปรุง

หมายเลขเครื่องมือวัด	หมายเลขลูกสูบ	รุ่นของลูกสูบ	คุณลักษณะเฉพาะที่วัด	ผลการศึกษาความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias)						ผลการศึกษาความผันแปรด้านความกว้าง(GR&R)									
				เปอร์เซ็นต์ Bias			ช่วงความเชื่อมั่น 95%ของความเบี่ยง			เชิงตัวเลข					เชิงกราฟ				
															$\bar{X}$ - chart		R - chart			
				≤ 10% ยอมรับ	≥ 30% ปรับปรุง	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าต่ำสุด (Min)	ค่าความเบี่ยงเบน (Bias)	ค่าสูงสุด (Max)	% ความผันแปรจากผู้วัด (AV)	% ความผันแปรอุปกรณ์ (EV)	% ความผันแปรระบบการวัด (GR&R)	GR&R ≤ 10% ยอมรับ	GR&R ≥ 30% ปรับปรุง	% ค่า $\bar{x}$ ออกนอกเส้นควบคุมมากกว่า 60 % ยอมรับ	% ค่า $\bar{x}$ ออกนอกเส้นควบคุมน้อยกว่า 60% ปรับปรุง	ค่าพิสัยเป็นศูนย์น้อยกว่าค่ายอมรับ	ค่าพิสัยเป็นศูนย์มากกว่าค่าปรับปรุง	ค่าพิสัยออกนอกเส้นควบคุมปรับปรุง	ค่าพิสัยอยู่ในเส้นควบคุมยอมรับ
ID.NO.DT.155	13211-05030	2L	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		12.25	-0.000192	-0.000040	0.000112	4.21	11.28	12.04	✓		93		3		0	
ID.NO.DT.334	13211-05020	5L	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		14.53	-0.000196	-0.000043	0.000109	10.04	9.82	14.05	✓		97		3		0	
ID.NO.DT.307	13211-05030	122F	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		10.69	-0.000192	-0.000040	0.000112	3.24	12.94	13.34	✓		97		4		0	
ID.NO.DT.338	13211-0D050	3ZZ	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		10.21	-0.000189	-0.000037	0.000116	7.24	11.85	13.89	✓		93		3		0	
ID.NO.DT.319	13211-02080	508T	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	✓		9.82	-0.000182	-0.000030	0.000122	2.28	10.77	11.01	✓		97		1		0	

หมายเลขเครื่องมือวัด	หมายเลขลูกลูม	รุ่นของลูกลูม	คุณลักษณะเฉพาะที่วัด	ผลการศึกษาความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias)				ผลการศึกษาความผันแปรด้านความกว้าง(GR&R)							
				ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง			ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง		ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		
				ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าที่ได้จากการทดลอง	เปอร์เซ็นต์การปรับปรุง		% ความผันแปรจากผู้วัด (AV)	% ความผันแปรจากผู้วัด (AV)	เปอร์เซ็นต์การปรับปรุง	% ความผันแปรจากอุปกรณ์ (EV)	% ความผันแปรจากอุปกรณ์ (EV)	เปอร์เซ็นต์การปรับปรุง	% ความผันแปรระบบการวัด (GR&R)	% ความผันแปรระบบการวัด (GR&R)	เปอร์เซ็นต์การปรับปรุง
ID.NO.DT.155	13211-05030	2L	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	39.22	12.25	68.77		24.89	4.21	83.09	28.73	11.28	60.74	38.01	12.04	68.32
ID.NO.DT.334	13211-05020	5L	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	26.73	14.53	45.63		26.94	10.04	62.73	45.11	9.82	78.23	52.54	14.05	73.26
ID.NO.DT.307	13211-05030	122F	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	50.00	10.69	78.62		19.16	3.24	83.09	74.23	12.94	82.57	34.49	13.34	61.32
ID.NO.DT.338	13211-00050	3ZZ	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	26.73	10.21	61.79		5.25	7.24	-37.90	57.23	11.85	79.29	57.47	13.89	75.83
ID.NO.DT.319	13211-02080	508T	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	46.56	9.82	78.88		11.63	2.28	80.40	33.37	10.77	67.73	35.34	11.01	68.85

ตารางที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของค่า Bias และ GR&R หลังการปรับปรุง

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	12.04	10	1.08	0.93	12.04	10	0.93
2	13211-05020	5L	1.21	14.05	15	1.18	1.18	14.05	15	1.15
3	13211-05030	122F	0.99	13.34	15	0.97	0.96	13.34	15	0.94
4	13211-0D050	3ZZ	1.18	13.89	15	1.15	1.09	13.89	15	1.07
5	13211-02080	508T	1.14	11.01	10	1.13	1.05	11.01	10	1.04

ตารางที่ 4.10 แสดงค่า " C_p/C_{pk}" ที่แท้จริงโดยการประมาณจากค่า "C_p/C_{pk}" ที่ได้ก่อนการปรับปรุง และ GR&R หลังการปรับปรุง

4.2 การวิเคราะห์ความสามารถของเครื่องจักรและกระบวนการ (C_p และ C_{pk}) และแนวทางการแก้ไขปรับปรุง

4.2.1 การวิเคราะห์

หลังจากมีการปรับปรุงระบบการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" จนทำให้ค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแล้ว ทำให้ผู้วิจัยสามารถตัดปัจจัยเรื่องความผันแปรของระบบการวัดที่อาจส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ผิดพลาดไปได้ ผู้วิจัยได้ทำการดำเนินการเคราะห์ค่า C_p และ C_{pk} ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" กับค่าความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ของระบบการวัดที่ปรับปรุงแล้วในหัวข้อที่ 4.1.2 โดยใช้ค่าดัชนีความสามารถ C_p และ C_{pk} ที่คำนวณจากสภาพปัจจุบันของกระบวนการกลึงดังแสดงไว้ในบทที่ 3 ตารางที่ 3.10 ผลการเปรียบดังแสดงในตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าค่าดัชนีสามารถ C_p และ C_{pk} ที่แท้โดยประมาณจากค่าความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ของระบบการวัดที่ปรับปรุงแล้วนั้นมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ฉะนั้นความผันแปรที่ลดลงของปัจจัยด้านระบบการวัดมิได้ทำให้ค่าดัชนีความสามารถ C_p และ C_{pk} เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

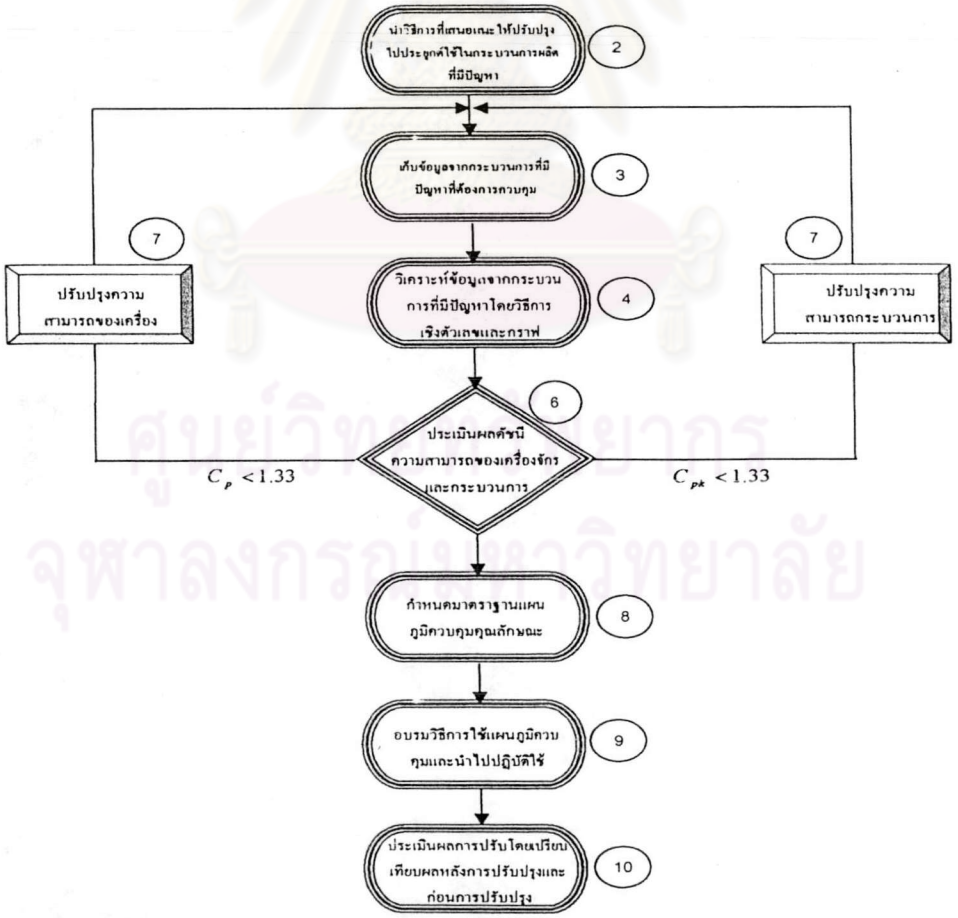
จากเหตุผลข้างต้นทำให้สรุปได้ว่าแม้ว่าความผันแปรในระบบการวัดจะลดลงจนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ก็มิได้ทำให้ค่าดัชนีความสามารถ C_p และ C_{pk} ดีขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยยังต้องดำเนินการปรับปรุงกระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย " ขั้นตอนการกลึงละเอียด " โดยขั้นตอนการวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการตามที่ระบุไว้ในรูปที่ 3.8 โดยเริ่มที่ขั้นตอนที่ 3 เป็นต้นไปดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.16 มาเป็นแนวทางปฏิบัติผู้วิจัยนำขั้นตอนที่ระบุไว้ในรูปที่ 4.16 มากำหนดเป็นแผนดำเนินงานดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.17 เพื่อใช้เป็นแนวทางตรวจสอบความคืบหน้าของกิจกรรมต่างๆว่าเป็นไปตามแผนที่กำหนด

รุ่นลูกสูบ	หมายเลขลูกสูบ	สายการผลิต	ค่าดัชนี Cp	ค่าดัชนี Cpk
2L	13211-05030	1	1.08	0.93
5L	13211-05020	2	1.18	1.15
122F	13211-05030	3	0.97	0.94
3ZZ	13211-0D050	4	1.15	1.07
508T	13211-02080	5	1.13	1.04

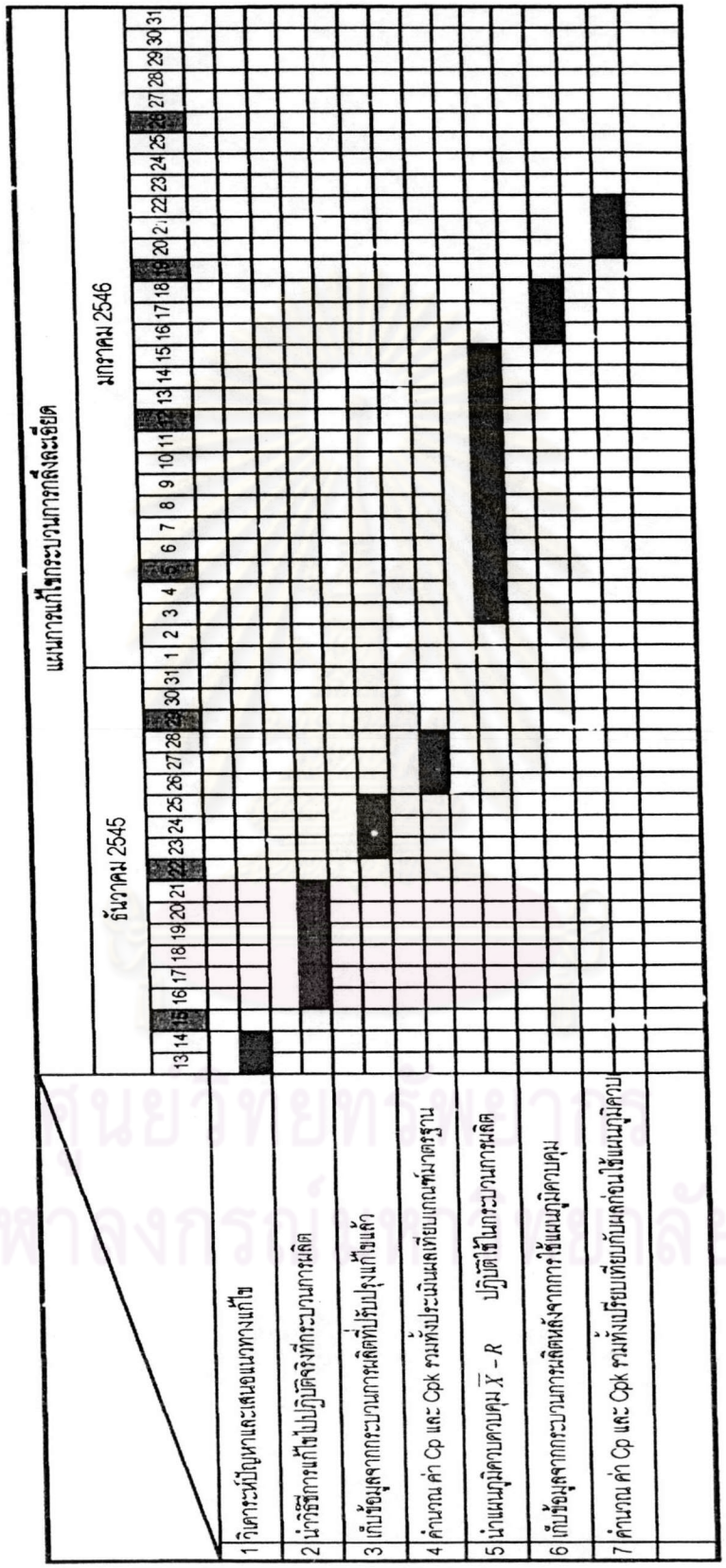
ตารางที่ 4.11 ค่า C_p และ C_{pk} ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

จากข้อมูลในตารางที่ 4.11 แสดงว่าค่า C_p และ C_{pk} ของลูกสูบทั้ง 5 รุ่นนั้นมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ ค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวนการ (C_{pk}) ที่ดีต้องมีค่ามากกว่า 1.33 จากผลการศึกษาค่า C_p และ C_{pk} ณ สภาวะปัจจุบันทำให้ทราบว่าต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิต ณ "ขั้นตอนการกลึงย่อย" ผู้วิจัยได้ใช้แผนภูมิก้างปลาเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวนการ (C_{pk}) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.18 โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาใช้หลักการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปัญหาในระบบการวัดหัวข้อที่ 4.1.1 ซึ่งแบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

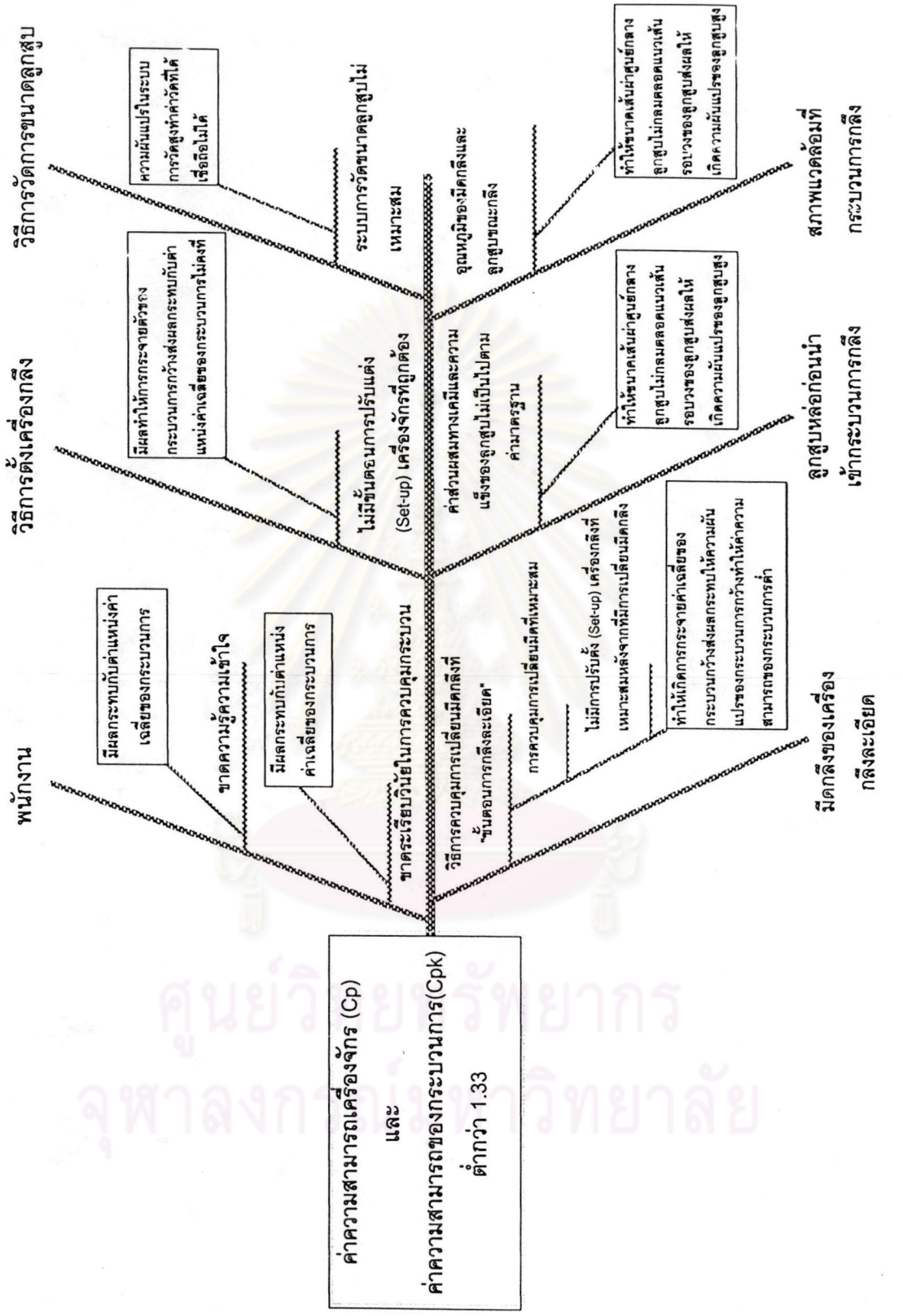
1. การระบุปัญหาหลัก
2. วิธีการปัจจุบัน
3. ผลกระทบจากวิธีการปัจจุบัน
4. แนวทางแก้ไข



รูปที่ 4.16 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการกลึงย่อย"ขั้นตอนการกลึงละเอียด"



รูปที่ 4.17 แผนดำเนินการปรับกระบวนการเพื่อเพิ่มค่า C_p และ C_{pk}



รูปที่ 4.18 แผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาค่า Cp และ Cpk ต่ำ

4.2.2 **ปัญหาหลัก**

จากแผนภูมิก้างปลารูปที่4.18 ที่ผู้วิจัยใช้วิเคราะห์ปัญหาที่อาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวน (C_{pk}) ของกระบวนการกลึงละเอียดต่ำ ผู้วิจัยพบว่ามีปัญหาหลักอยู่5 ประการที่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่า C_p และ C_{pk} ต่ำได้โดยปัญหาหลักทั้ง 5 คือ

1. พนักงาน (Man)
2. วิธีการปรับตั้งเครื่องจักร (Method)
3. วิธีการควบคุมมีดกลึง (Machine)
4. ลูกสูบหล่อก่อนการกลึง (Material)
5. สภาวะแวดล้อมในการกลึง (Environmental)
6. วิธีการวัดขนาดลูกสูบ (Measurement)

4.2.3 วิธีการปัจจุบัน

จากปัญหาหลักที่กล่าวมาข้างต้น 5 ประการนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์สภาวะในปัจจุบัน ที่บริษัทตัวอย่างปฏิบัติ และใช้ในการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวนการ (C_{pk}) ณ ขั้นตอน (การกลึงละเอียด) ต่ำ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนของวิธีการปฏิบัติการและวิธีการควบคุมต่างๆ ที่มีใช้ในปัจจุบันของบริษัทตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้สามารถที่จะอธิบายถึงผลกระทบที่อาจจะเป็นไปได้จากวิธีการปฏิบัติและควบคุมเหล่านั้นในขั้นตอนต่อไปได้ชัดเจนมากขึ้น โดยวิธีการปฏิบัติและควบคุมปัจจัยต่างของปัญหาหลักทั้ง 5 ประการดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

4.2.3.1. **พนักงาน**

พบว่าในปัจจุบันมีไม่มีวิธีการอบรมพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเรื่องการควบคุมกระบวนการโดยใช้เทคนิค SPC การปรับตั้งเครื่องกลึง การบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งสิ่งกล่าวมานี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจทำให้เกิดความผันแปรในกระบวนการได้

4.2.3.2. **วิธีการปรับตั้งเครื่องจักร**

พบว่าในปัจจุบันนี้บริษัทยังมิได้มการวัดทำมาตรฐานวิธีการปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่มีการเปลี่ยนสภาวะในกระบวนดังต่อไปนี้

- เปลี่ยนมีดกลึง
- เปลี่ยนกะการผลิต
- เปลี่ยนแปลงวัตถุ ฯลฯ

การปรับตั้งเครื่องจักรในปัจจุบันอาศัยความชำนาญของพนักงานผลิตโดยการปรับตั้งเครื่องจักรในปัจจุบันมีขั้นตอนดังนี้

1.1. ปรับตั้งอุปกรณ์การวัด

1.2. นำลูกสูบแรกที่กลึงเสร็จหลังจากปรับเครื่องกลึงแล้วไปวัดขนาดที่อุปกรณ์วัด

1.3. ดำเนินการผลิตได้อย่างต่อเนื่องถ้าค่าวัดได้อยู่ในค่าอนุโลม เช่น ตัวอย่างผลการวัด ดังแสดงในตารางที่ 4.12

รุ่นลูกสูบ	หมายเลขลูกสูบ	ค่ามาตรฐาน	ค่าอนุโลม	ค่าวัด
2L	13211-05030	91.95	0.00/+0.01	91.952
5L	13211-05020	99.46	0.00/+0.01	99.469
122	13211-05032	91.95	0.00/+0.01	91.955
3ZZ	13211-0D050	78.91	+/-0.005	78.914
508T	13211-02080	78.625	0.00/+0.01	78.626

ตารางที่ 4.12 ตัวอย่างการปรับตั้งค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน

4.2.3.3. **วิธีการควบคุมมีดกลึง**

พบว่าปัจจุบันมีดกลึงที่ใช้ในการกลึงลูกสูบที่กระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนกลึงละเอียด" ยังไม่มีการควบคุมรูปลักษณะเวลาการเปลี่ยนมีดและอายุมีดกลึงที่ใช้ในกระบวนการ พนักงานในสายการผลิตเปลี่ยนมีดกลึงออกจากป้อมมีดโดยไม่มีการควบคุมที่เหมาะสมไม่มีการบันทึกเวลาในการเปลี่ยน รวมถึงสาเหตุที่ต้องเปลี่ยนมีดกลึง

4.2.3.4. **ลูกสูบหล่อก่อนการนำเข้าสู่ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อย**

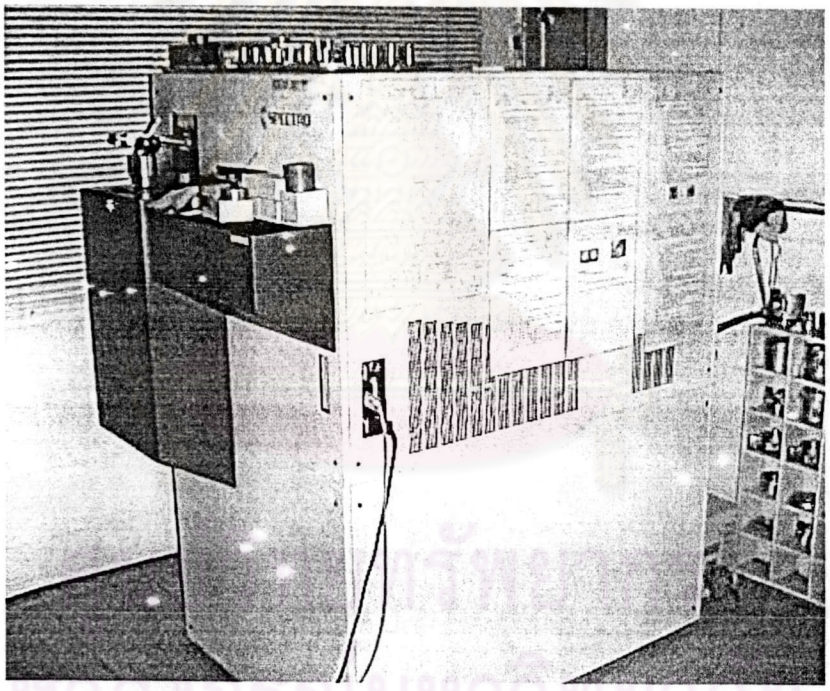
พบว่าปัจจุบันก่อนนำลูกสูบหล่อเข้าสู่กระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" บริษัทตัวอย่างมีขั้นตอนการควบคุมคุณภาพของลูกสูบหล่อ โดยการตรวจลูกสูบมีอยู่ 3 ประการคือ

1) การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี ลูกสูบ Toyota ของบริษัทตัวอย่างที่ผู้วิจัยทำการศึกษาทั้ง 5 รุ่นที่ใช้ในการผลิตเป็นวัตถุดิบชนิดเดียวกัน คือ อลูมิเนียมอัลลอยด์ (Aluminum Alloy) ซึ่งส่วนผสมทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 4.13 โดยการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของวัตถุดิบที่นำมาหล่อลูกสูบ จะทำการตรวจสอบวันละหนึ่งครั้ง

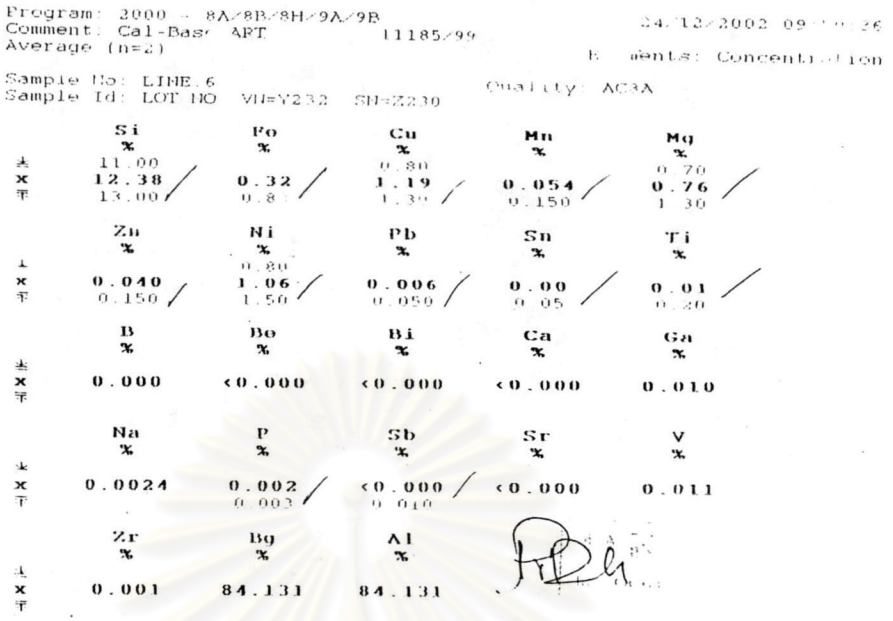
โดยเครื่อง Spectc Meter ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และตัวอย่างผลการตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.20

รุ่นลูกสูบ	หมายเลขลูกสูบ	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Cr	Sn	Pb	V	Bi
2L	13211-05030	11 - 13 %	≤ 0.8	0.8 - 1.3 %	≤ 0.8 %	0.7 - 1.3 %	0.8 - 0.15 %	≤ 0.15 %	≤ 0.20 %	≤ 0.10 %	≤ 0.05 %	≤ 0.05 %	≤ 0.03 %	≤ 0.03 %
5L	13211-05020													
122	13211-05030													
3ZZ	13211-0D050													
508 T	13211-02080													

ตารางที่ 4.13 ส่วนผสมทางเคมีของลูกสูบ



รูปที่ 4.19 เครื่องตรวจส่วนผสมเคมี Specto meter



Program: 2000 - 8A/8B/8H/9A/9B
Comment: Cal-Base ART 11185/99
Average (n=2)
24/12/2002 09:
Elements: Concentration
Sample No: LINE.6
Sample Id: LOT NO VH=V232 SH=Z230
Quality: AC3A

	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %
上	11.00		0.80		0.70
x	12.38	0.32	1.19	0.054	0.76
下	13.00	0.8	1.30	0.150	1.30

	Zn %	Ni %	Pb %	Sn %	Ti %
上		0.80			
x	0.040	1.06	0.006	0.00	0.01
下	0.150	1.50	0.050	0.05	0.20

	B %	Be %	Bi %	Ca %	Ga %
上					
x	0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.010
下					

	Na %	P %	Sb %	Sr %	V %
上					
x	0.0024	0.002	<0.000	<0.000	0.011
下		0.003	0.010		

	Zr %	Bg %	Al %
上			
x	0.001	84.131	84.131
下			

รูปที่ 4.20 ตัวอย่างผลการตรวจส่วนผสมเคมีของลูกสูบหล่อ

2) การตรวจสอบความแข็งของลูกสูบ บริษัทตัวอย่างมีการตรวจสอบความแข็งของลูกสูบหล่อที่นำไปผ่านกระบวนการอบชุบก่อนนำเข้าสู่กระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย โดยลูกสูบทั้ง 5รุ่นของบริษัทตัวอย่าง ที่ผู้วิจัยทำการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.14โดยการตรวจสอบค่าความแข็งของลูกสูบที่ผ่านกระบวนการอบชุบจะทำการตรวจสอบหนึ่งครั้งต่อหนึ่งล็อตการผลิต โดยเครื่องตรวจสอบค่าความแข็งดังแสดงในรูปที่ 4.21 และตัวอย่างผลการตรวจสอบความแข็งดังแสดงในรูปที่ 4. 22

รุ่นลูกสูบ	หมายเลขลูกสูบ	ค่าความแข็งมาตรฐาน	ค่าอนุโลม
2L	13211-05030	64	+/- 10
5L	13211-05020	67	+/- 10
122	13211-05032	72	+/- 10
3ZZ	13211-0D050	65	> 65
508T	13211-02080	71	+/- 4

ตารางที่ 4.14 มาตรฐานค่าความแข็งของลูกสูบ

3) การตรวจสอบขนาด บริษัทตัวอย่างมีการตรวจสอบขนาดของลูกสูบหล่อก่อนนำเข้าสู่สายการผลิตกระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย โดยลูกสูบทั้ง 5 รุ่นของลบริษัทตัวอย่างที่ผู้วิจัยทำการศึกษาจะถูกตรวจสอบขนาดในจุดต่างๆ ของตัวลูกสูบกะละ 1 ครั้ง ครั้งละ2 ลูกต่อลูกสูบหนึ่งรุ่น

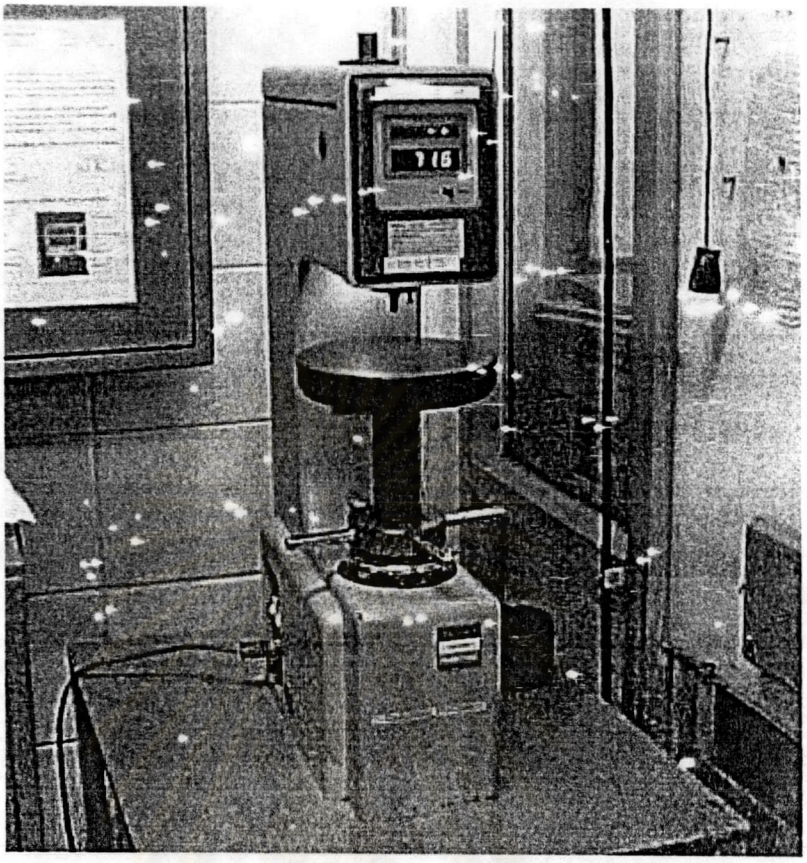
โดยขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบหล่อก่อนนำเข้าสู่กระบวนการกลึงย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" เป็นจุดหนึ่งของการตรวจสอบขนาดด้วยเช่นกัน ตัวอย่างผลการตรวจสอบขนาดลูกสูบหล่อก่อนเข้าสู่กระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อยดังแสดงในรูปที่ 4.23

4.2.3.5. **สภาพแวดล้อมในกระบวนการกลึงละเอียด**

พบว่าอุณหภูมิและสภาพการหล่อลื่นหนึ่งที่มีผลกระทบต่อขนาดของลูกสูบ ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ปัจจุบันบริษัทตัวอย่างควบคุมอุณหภูมิและสภาวะการหล่อลื่นที่เกิดขึ้นในขณะกลึงลูกสูบโดยใช้น้ำมันหล่อเย็นแบบระบบหมุนวน คือ มีถังพักน้ำมันและมีปั๊มดูดจ่ายเข้าไปในบริเวณที่เกิดการตัดเฉือนเนื้อโลหะเพื่อลดอุณหภูมิและช่วยหล่อลื่นระหว่างมีดกลึงและลูกสูบ การควบคุมสภาพของน้ำมันหล่อเย็นให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับใช้งานนั้นบริษัทมีการสุ่มตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำมันหล่อเย็นเดือนละครั้ง โดยใช้อุปกรณ์การตรวจสอบดังรูปที่ 4.24 เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้อยู่ที่ค่าความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 4%ถ้าค่าความเข้มข้นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานต้องมีการเติมน้ำมันหล่อเย็นเข้าไปในระบบ การผสมน้ำมันหล่อเย็นบริษัทตัวอย่างได้มีมาตรฐานการเตรียมและตรวจสอบน้ำมันหล่อเย็นไว้ให้พนักงานปฏิบัติตามแล้วดังแสดงในเอกสารแนบใน<u>ภาคผนวก ง</u> ส่วนในการควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันหล่อเย็นยังไม่มีการควบคุมที่เป็นมาตรฐานให้พนักงานในสายการผลิตปฏิบัติ

4.2.3.6. **วิธีการวัดขนาดลูกสูบ**

พบว่าวิธีการวัด "ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ลูกสูบ ณ ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ใช้อุปกรณ์การวัดและวิธีการวัดที่ยังไม่เหมาะสม คือ ใช้นาฬิกาวัดหรือไดเอจเกจค่าความละเอียด 1/1000 มิลลิเตอร์และใช้ลูกสูบมาสเตอร์ในการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด วิธีการวัดในปัจจุบันนี้อาจเป็นสาเหตุให้เกิดความผันแปรในค่าวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ได้สูง

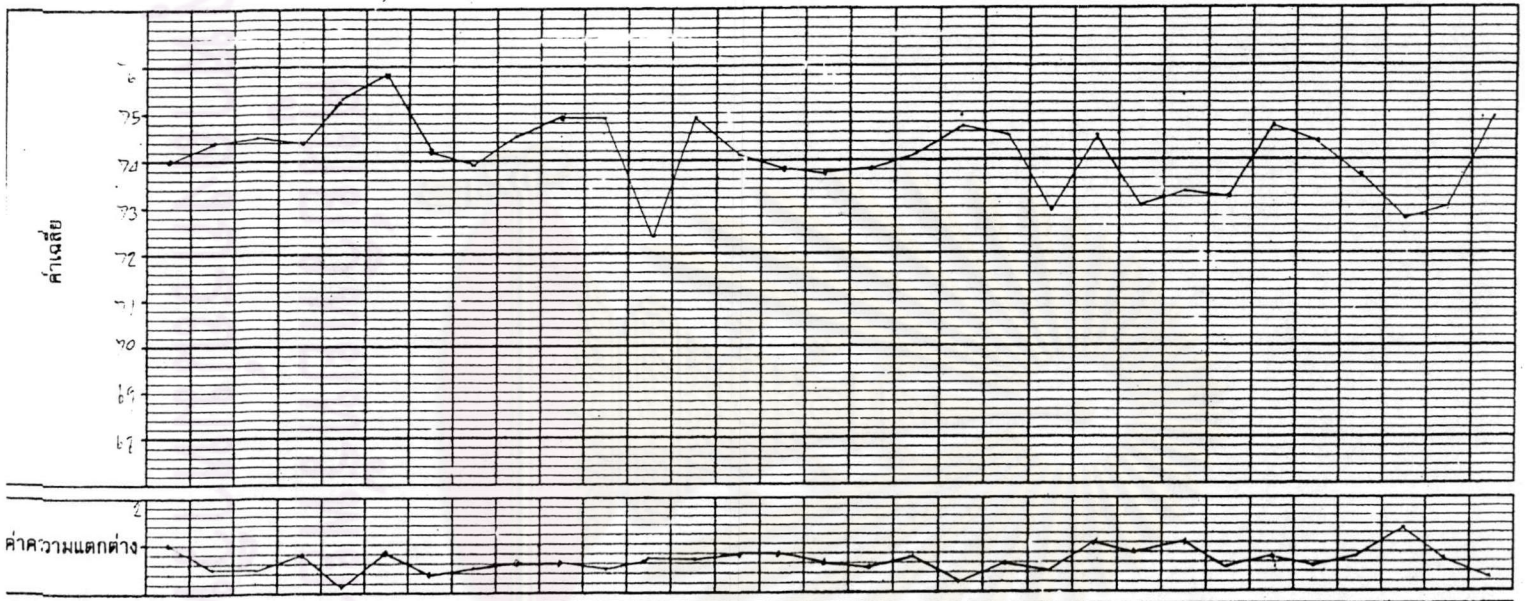


รูปที่ 4.21 เครื่องตรวจสอบความแข็งลูกสูบหล่อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

"ART" ...นภูมิควบคุมความแข็ง (CONTRO... ART)

MODEL : 122F PART NO. : 13211-05032 ชุบ T : 5 SPEC : 72±10 CONTROL : DATE :



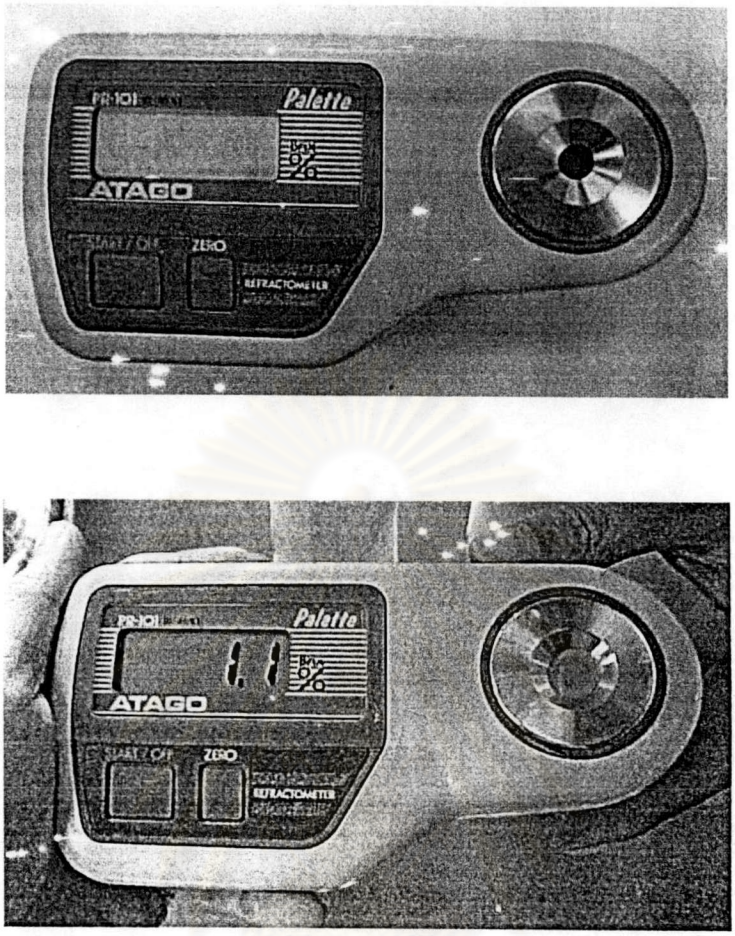
วันที่ชุบ	12/23	12/23	12/26	12/30	12/25	12/26	12/28	12/31	12/27	12/29	12/30	1/06	1/05	1/04	1/06	1/06	1/06	1/07	1/07	1/08	1/08	1/09	1/09	1/10	1/10	1/10	1/11	1/11	1/12	1/12
เตาที่ชุบ	3	11	3	8	11	2	8	10	10	8	9	4	8	10	11	10	11	16	11	11	10	11	9	10	2	2	8	8	10	10	10
จุดที่ 1	73.5	73.2	73.7	73.9	75.4	74.1	74.1	74.2	74.2	74.1	74.1	74.1	74.1	74.1	74.2	73.4	73.6	73.8	74.6	73.9	73.1	74	74.4	74.8	73.5	75.1	74.7	74.1	73.4	73.6	74.1
จุดที่ 2	73.5	73.2	73.3	73	75.4	75.4	74.0	74.2	74.2	74.6	74.7	73.1	73.7	73.8	74	74.1	73.8	74.8	74.2	73.4	73.4	75	72.6	72.8	73.0	74.4	74.2	73.4	72.1	73.7	74.8
ค่าเฉลี่ยจุด 1,2	73	73.0	73.5	73.5	75.5	74.8	74.2	74.9	74.5	74.9	74.9	73.1	73.9	73.8	73.7	73.8	73.8	74.1	74.4	73.7	73.9	74.5	77	72.7	73.2	74.7	74.0	73.7	72.7	73	74.5
ค่าความแตกต่าง	1	0.5	0.5	0.8	0.1	0.8	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.5	0.7	0.2	0.6	0.4	1	0.8	1	0.5	0.7	0.5	0.7	1.3	0.7	0.3
ผู้ชุบ																															
หัวหน้างาน																															
ผช./หน. แผนก																															

FR-CT-0061 REV. 00

รูปที่ 4.22 ตัวอย่างผลการตรวจสอบความแข็งของชิ้นงานหล่อ

"ART"	LINE INSPECTION SHEET						
MODEL : 5087		PART NO. : 1321 1 - 02080					
INSPECTION ITEM	SPECIFICATION	DATE STOP					
		25-07-01	26-07-01	27-07-01	28-07-01	14-08-01	15-08-01
1. ความหนาหัว	5.5 ±0.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
2. ความแตกต่างรูสลัก ซ้าย - ขวา	≤0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
3. ค่าแตกต่าง เส้นทะแยงมุม	≤0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
4. หนาเนื้อลูกสูบ	≤0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
5. ความโตลูกสูบ ก่อนกลึง	ϕ 78.625	81.5	81.0	81.5	81.5	81.5	81.5
6. ความโต คว้านภายใน	ϕ 74	72.7	72.7	72.7	72.7	72.7	72.7
7. ความกว้าง BOSS	24 +0.5 0	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3
8. ความกว้างหน้าต่าง	60	60	60	60	60	60	60
9. หัวเยื้อง	≤0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
10. หัวเยื้องจุกเซ็นเตอร์	≤0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
11. ความโตรูสลัก	ϕ 20	18	18	18	19	18	18
12. เครื่องหมายต่าง ๆ		0	0	0	0	0	0
13. ครีบส่วนเกิน		0	0	0	0	0	0
14. ตะเข็บรอยต่อ		0	0	0	0	0	0
15. รอยร้าวหล่อไม่เต็ม		0	0	0	0	0	0
REMARK :	INSPECTOR						
	CHIEF						

รูปที่ 4.23 ตัวอย่างผลการตรวจขนาดต่างๆของลูกสูบหล่อ



รูปที่ 4.24 เครื่องวัดความเข้มข้นน้ำมันหล่อเย็น

4.2.4 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ของกระบวนการ

4.2.4.1. พนักงาน

การที่ยังไม่มีการอบรมความรู้ความเข้าใจการปรับตั้งเครื่องจักร ความรู้เรื่องเทคนิคการควบคุมกระบวนการโดยเทคนิค SPC และการบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการ จุดนี้อาจส่งผลให้เกิดความแตกต่างในการปรับตั้งเครื่องจักรของพนักงานแต่ละคนที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่ได้จากกระบวนการ "กลึงละเอียด" มีความผันแปรมากขึ้น ก็จะส่งผลให้ค่าดัชนีความสามารถของกระบวน (C_{pk}) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้

4.2.4.2. **วิธีการปรับตั้งเครื่องจักร**

จากการที่ไม่มีมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องจักรทำให้พนักงานแต่ละคนปรับตั้งค่าขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่แตกต่างกันออกไป ดังตัวอย่างในตารางที่ 4.15

พนักงาน	รุ่นลูกสูบ	หมายเลขลูกสูบ	ค่ามาตรฐาน	ค่าอนุโลม	ค่าตั้ง
ก	2L	13211-05030	91.95	0.00/+0.01	91.950
ข	2L	13211-05030	91.95	0.00/+0.01	91.968
ค	2L	13211-05030	91.95	0.00/+0.01	91.955

ตารางที่ 4.15 ตัวอย่างค่าขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่แตกต่างๆ กันของพนักงาน

จากตารางที่ 4.15จะเห็นว่าไม่มีมาตรฐานกากรปรับตั้งเครื่องจักรพนักงานแต่ละคนในแต่ละกะการทำงาน มีโอกาสที่จะมีค่าปรับตั้งขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่แตกต่างกันออกไป จุดนี้จะมีผลกระทบทำให้เกิดความผันแปรของค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของพนักงานแต่ละคนเกิดความแตกต่างกันมาก ส่งผลให้ค่าดัชนีความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวน (C_{pk}) ต่ำได้

4.2.4.3. **วิธีการควบคุมมีดกลึง ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด"**

จากการที่ไม่มีวิธีการควบคุมมีดกลึงเหมาะสม ทำให้ไม่ทราบว่าเมื่อใดที่พนักงานได้ทำการเปลี่ยนมีดกลึง การเปลี่ยนมีดกลึงที่เกิดขึ้น เนื่องจากเหตุผลอะไร มีดกลึงที่ถูกเปลี่ยนออกไปได้ถูกใช้ผลิตลูกสูบไปแล้วเป็นจำนวนกี่ลูก และลักษณะของมีดกลึงที่ถูกเปลี่ยนออกไปเป็นอย่างไร จุดนี้จะมีผลทำให้ความเรียบผิวของลูกสูบหยาบได้ ลูกสูบอาจมีลักษณะไม่กลม (Non-Circularity) ส่งผลให้ค่าขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่ได้จากกระบวน "การกลึงละเอียด" มีความผันแปรมากขึ้นและอาจเป็นสาเหตุให้ค่าดัชนีความสามารถของเครื่องจักร (C_p) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้เช่นกัน

4.2.4.4. **ลูกสูบหล่อก่อนนำเข้าสู่สายการผลิตการกลึงขึ้นรูปย่อย**

ผู้วิจัยพบว่าวิธีการควบคุมคุณภาพลูกสูบหล่อก่อนนำเข้าสายการผลิตขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อย ที่บริษัทตัวอย่างได้ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันทั้ง 3วิธีดังได้กล่าวมาข้างต้น คือ

4.1 การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

4.2 การตรวจสอบความแข็ง

4.3 การตรวจสอบขนาด

วิธีการตรวจสอบคุณภาพลูกหล่อทั้ง 3 วิธีนี้เหมาะสมดีแล้วพอเพียงที่จะควบคุมปัจจัยในด้านวัตถุดิบที่ใช้ในขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ไม่มีเกิดความผันแปรมากจนส่งผลให้ ค่าดัชนีความสามารถของเครื่องกระบวนการ (C_{pk}) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้จึงไม่จำเป็นต้องทำการปรับปรุงอะไรเพิ่มเติมในส่วนนี้ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้ตัดปัจจัยในด้านวัตถุดิบที่เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความผันแปรของขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่ได้จากกระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ออกไป ดังนั้นแนวทางแก้ไขปรับปรุงในเรื่องของวัตถุดับในการผลิตจึงถูกตัดออกไปด้วยเช่นกัน

4.2.4.5. **สภาพแวดล้อมในการกลึง ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด"**

สภาพแวดล้อมที่อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความผันแปรของขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ได้ก็คืออุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการกลึงและสภาวะการหล่อลื่น

จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่าการควบคุมสภาวะการหล่อลื่นนั้นบริษัทตัวอย่างมีการควบคุมความเข้มข้นของน้ำมันหล่อเย็น โดยมีการตรวจเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเดือนละหนึ่งครั้งด้วยเครื่องตรวจสอบดิจิตอลดังแสดงในรูปที่ 4.21 ตามมาตรฐานการเตรียมและตรวจสอบน้ำมันหล่อเย็น_ดังเอกสารแนบในภาคผนวก ง ส่วนเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ควบคุมความเข้มข้น คือ ไม่น้อยกว่า 4% วิธีการควบคุมที่ทำอยู่ในปัจจุบันนี้ผู้วิจัยมีความเห็นว่าเหมาะสมพอเพียงที่ควบคุมคุณสมบัติในการหล่อลื่นของน้ำมันหล่อเย็นได้ ดังนั้นปัจจัยเกี่ยวกับความเข้มข้นของน้ำมันหล่อที่อาจมีผลทำให้ดัชนีค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) ลดลงจึงสามารถตัดออกไปได้ การควบคุมอุณหภูมิระหว่างลูกสูบและมีดกลึงไม่ให้สูงเกินไปจนทำให้เกิดความผันแปรในขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"ของลูกสูบ บริษัทตัวอย่างได้ใช้น้ำมันหล่อเย็นระบบหมุนวนเป็นตัวช่วยระบายความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการกลึง แต่ก็ยังไม่มีการกำหนดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสม ซึ่งจุดนี้ก็อาจมีผลทำให้เกิดการขยายตัวของลูกสูบจนอาจทำให้เกิดความผันแปรในขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบได้ ซึ่งอาจมีผลทำให้ค่าดัชนีความสามารถของเครื่องจักร (C_p) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้

4.2.4.6. **วิธีการวัดขนาดลูกสูบ**

จุดนี้พบการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ณ ขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด"นั้นเป็นวิธีการที่อาจมีผลต่อค่าวัดที่ได้ เนื่องจากตามที่

กล่าวมาแล้วว่าบริษัทตัวอย่างใช้นาฬิกาวัดที่ความละเอียด 1/1000 มิลลิเตอร์และอุปกรณ์การปรับตั้งเครื่องมือวัดโดยลูกสูบมาสเตอร์ ซึ่งจุดนี้มีผลโดยตรงกับความผันแปรของค่าขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่วัดได้ ซึ่งจากผลการศึกษาค่าความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ของระบบการวัด ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ในสายการผลิตสำหรับลูกสูบ Toyota ทั้ง 5 รุ่น ที่ผู้วิจัยทำการศึกษาระบบการวัด ดังแสดงไว้ในบทที่ 3 พบว่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

4.2.5 แนวทางการแก้ไขปรับปรุงและการนำไปปฏิบัติใช้

จากแผนภูมิก้างปลาดังแสดงในรูปที่ 4.18 ซึ่งผู้วิจัยแสดงถึงปัญหาหลักทั้งหมดที่อาจมีผลกระทบทำให้ค่าดัชนีความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวนการ (C_{pk}) ของลูกสูบทั้ง 5 รุ่น ของลูกค้า Toyota ที่ผู้วิจัยทำการศึกษาที่บริษัทตัวอย่าง ซึ่งปัญหาหลักทั้งหมดมี 6 ประการคือ

1. พนักงาน (Man)
2. วิธีการปรับตั้งเครื่องจักร (Method)
3. วิธีการควบคุมมีดกลึง (Machine)
4. ลูกสูบหล่อก่อนการกลึง (Material)
5. สภาวะแวดล้อมในการกลึง (Environmental)
6. วิธีการวัดขนาดลูกสูบ (Measurement)

จากการวิเคราะห์ผลกระทบ ที่อาจเกิดขึ้นได้จากวิธีการปัจจุบันที่บริษัทปฏิบัติอยู่เพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ของปัญหาหลักทั้ง 6ประการข้างต้นนี้ ผู้วิจัยพบว่าวิธีการควบคุมในปัจจุบันที่ใช้ควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดปัญหาหลัก 2ประการมีความเหมาะสมอยู่แล้ว ดังรายละเอียดไปแล้วในหัวข้อการวิเคราะห์ผลกระทบจากวิธีควบคุมในปัจจุบัน โดยปัญหาหลักที่ผู้วิจัยได้ตัดออกจากการปรับปรุงแก้ไขคือ

1) ปัญหาหลักเรื่องลูกสูบหล่อ ก่อนนำเข้าสู่สายการผลิตการกลึงขึ้นรูป
2) ปัญหาหลักเรื่องสภาวะแวดล้อมใน "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ในส่วนการควบคุมความเข้มข้นของน้ำมันหล่อเย็น

ดังนั้นการหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงวิธีการควบคุมปัจจัยที่อาจมีผลกระทบทำให้ปัญหาหลักแต่ละอย่าง อาจทำให้เกิดความผันแปรของขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ได้ เป็นสาเหตุให้ดัชนีค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ โดยปัญหาหลักที่ต้องมีการปรับปรุงแก้ไข คือ

- พนักงาน
- วิธีการปรับตั้งเครื่องมือ

- วิธีการควบคุมมีดกลึง
- วิธีการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน
- วิธีการควบคุมสภาพแวดล้อมในการกลึง

รายละเอียดของแนวทางการแก้ไขปรับปรุงของปัญหาหลักทั้ง 5 ประการข้างต้นผู้วิจัยจะนำเสนอรายละเอียดสิ่งที่ต้องแก้ไขปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่แล้วหรือนำเสนอขึ้นมาใหม่ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.5.1 พนักงาน

การแก้ไขปรับปรุงความรู้ความเข้าใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับกระประยุกต์ใช้เทคนิค SPC มาควบคุมกระบวนการนั้น ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคนิค SPC ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง เพื่อใช้อบรมพนักงานในสายการผลิตลูกสูบ Toyota ทั้ง 5 รุ่นที่ดำเนินการวิจัย จุดนี้จะทำให้พนักงานมีความเข้าใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับเทคนิค SPC และเข้าใจว่าการผลิตลูกสูบไม่ใช่การทำให้ค่าขนาดในจุดต่างๆ ของลูกสูบอยู่ในค่าอนุโลม (Tolerance) เท่านั้น การที่จะสามารถทำให้ลูกค่าเชื่อมั่นว่าลูกสูบที่บริษัทตัวอย่างผลิตส่งไปยังโรงานลูกค้าจะไม่มีลูกสูบออกนอกค่าอนุโลมได้นั้น เทคนิค SPC เป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เมื่อพนักงานผ่านการอบรมเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจเทคนิค SPC แล้วคาดว่าพนักงานจะมีความเข้าใจเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับเทคนิค SPC ดังต่อไปนี้

1. แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$
2. การอ่านแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$
3. การปรับตั้ง (Set-up) เครื่องจักรโดยใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$
4. การบันทึกเหตุการณ์ต่างในบันทึกการเปลี่ยนในกระบวนการ

รายชื่อของผู้จัดการอบรม และพนักงานที่เข้าอบรมการใช้เทคนิค SPC ขั้นพื้นฐานในการควบคุมกระบวนการของบริษัทตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.25 รูปที่4.26แสดงตัวอย่างแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ส่วนรูปที่4.27 แสดงตัวอย่างใบบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

4.2.5.2 วิธีการปรับตั้งเครื่องกลึง

การแก้ไขปรับปรุงปัจจัยที่อาจมีผลกระทบกับความผันแปรของเครื่องจักรและกระบวนผู้วิจัยได้ทำการเขียนมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องกลึง ณ ขั้นตอน "การกลึงละเอียด" ขึ้นมาใหม่โดยมีการปรับเปลี่ยนจากวิธีการที่พนักงานในสายการผลิตปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งผู้วิจัยนำวิธีการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่ปรับปรุงแล้วในหัวข้อที่ 4.1มาการประยุกต์เข้ากับมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องจักรที่เขียนขึ้นมาใหม่ดังแสดงในรูปที่ 4.28 (ก) และ (ข) ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบการปรับตั้งเครื่องกลึงที่บริษัทตัวอย่างใช้ในปัจจุบันกับวิธีการที่เสนอให้มีการปรับปรุงแก้ไข ดังตารางที่ 4.16

"ART"

รายชื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมภายใน

หน้าที่ 1

หลักสูตร : การใช้สถิติควบคุมกระบวนการ SPC

ผู้ฝึกอบรม : คุณอนเศรษฐ ภาคกิตรรธ

ระยะเวลาฝึกอบรม : 08.30 - 17.00น.

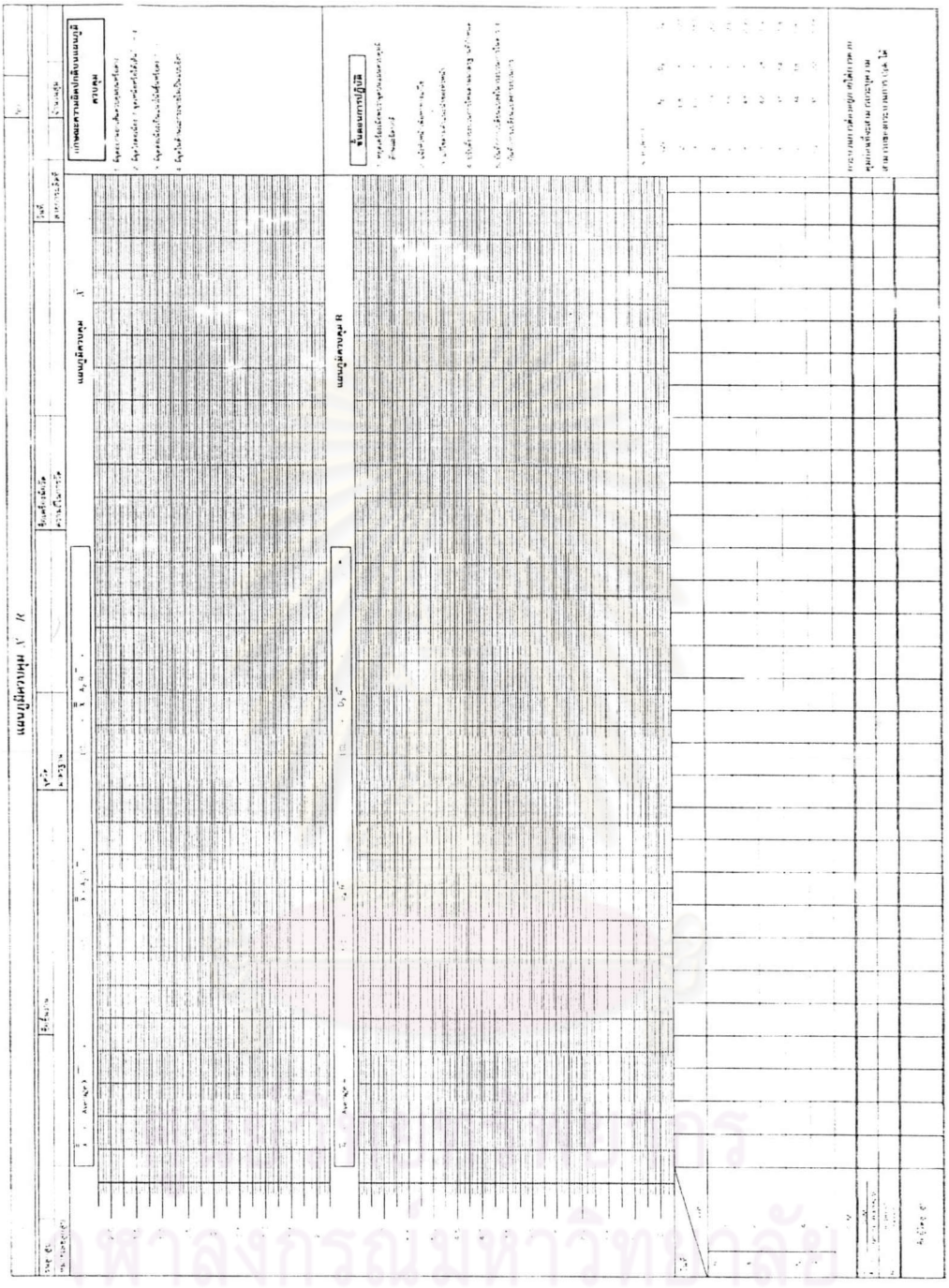
สถานที่ : ห้องประชุมโรงงานสกลกระป๋อง

วันที่ฝึกอบรม : 3 - 4 มกราคม 2546

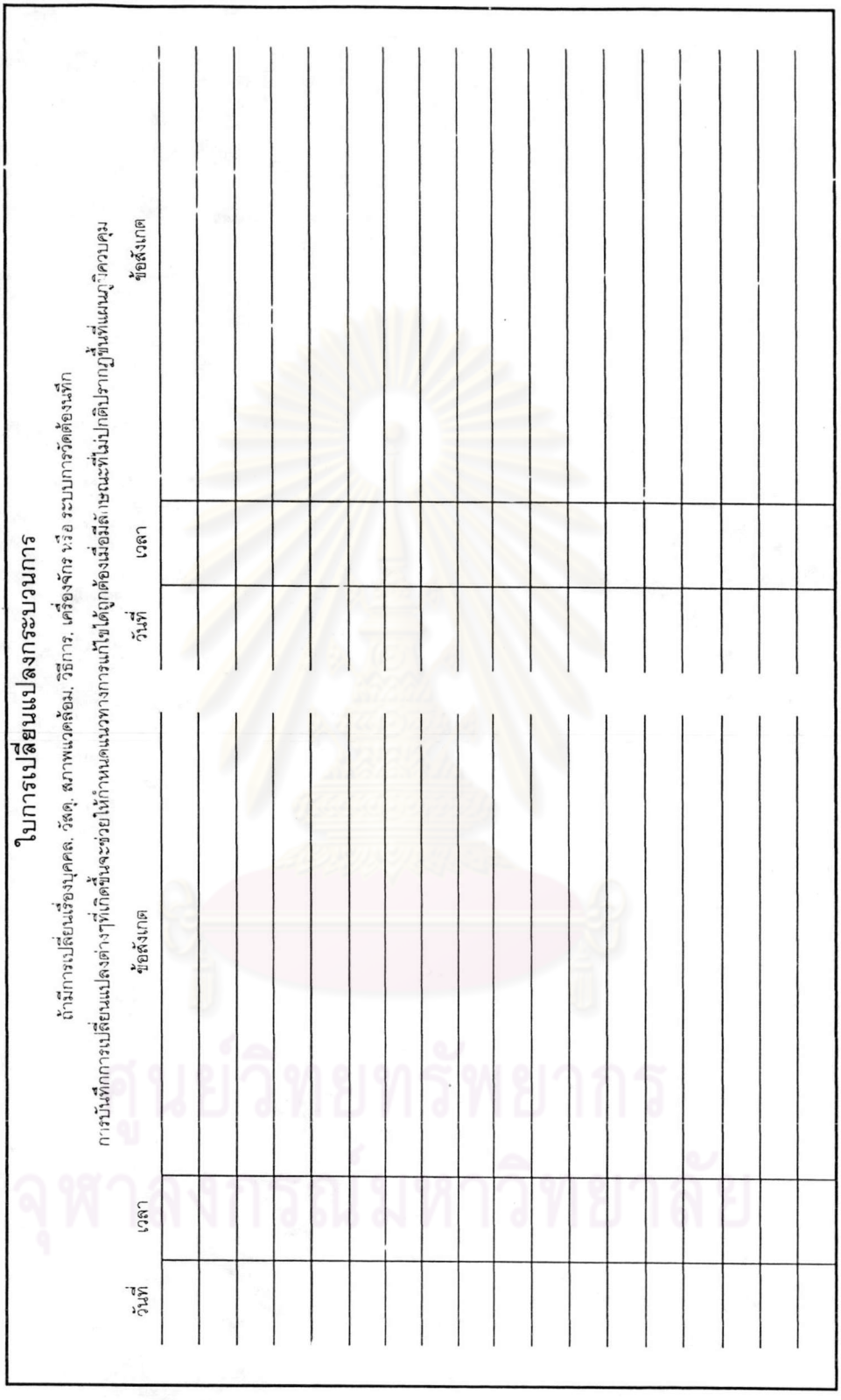
ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง	แผนก / ฝ่าย	ลายเซ็น	
				เช้า	บ่าย
1.	คุณต่อพงศ์ พัดรานนท์	ช่าง 3	Q. A.	ต่อพงศ์	ต่อพงศ์
2.	คุณรุ่งชาติ ศักเลียงจันทร์	ร. หน. กะ	Q. A.	รุ่งชาติ	รุ่งชาติ
3.	คุณไพฉัตย์ ปุรมา	ช่าง 3	Q. A.	ไพฉัตย์	ไพฉัตย์
4.	คุณธงชัย สีนองหอก	พนักงาน	เครื่องจักร	ธงชัย	ธงชัย
5.	คุณอาทิตย์ ชาหุลีตร	พนักงาน	เครื่องจักร	อาทิตย์	อาทิตย์
6.	คุณนิภรกรณ์ วิทยนิกุง	พนักงาน	เครื่องจักร	นิภรกรณ์	นิภรกรณ์
7.	คุณบุญรัตน์ ต่อนพุทธา	พนักงาน	เครื่องจักร	บุญรัตน์	บุญรัตน์
8.	คุณสมพร เปี่ยมสันเทียะ	พนักงาน	เครื่องจักร	สมพร	สมพร
9.	คุณนิรมล ศรีนาทยนต์	พนักงาน	เครื่องจักร	นิรมล	นิรมล
10.	คุณสิทยา พลโภธร	พนักงาน	เครื่องจักร	สิทยา	สิทยา
11.	คุณพาชิพงศ์ แก่นนาลี	พนักงาน	เครื่องจักร	พาชิพงศ์	พาชิพงศ์
12.	คุณพรรณา พิมพ์ปะโค	พนักงาน	เครื่องจักร	พรรณา	พรรณา
13.	คุณชัยพงศ์ ทองภา	พนักงาน	เครื่องจักร	ชัยพงศ์	ชัยพงศ์
14.	คุณพจงศักดิ์ สอนไชย	พนักงาน	เครื่องจักร	พจงศักดิ์	พจงศักดิ์
15.	คุณนิพนธ์ ปินชุ	พนักงาน	เครื่องจักร	นิพนธ์	นิพนธ์

FR-HR-0004 REV. 00

รูปที่ 4.25 รายชื่อผู้เข้าฝึกอบรมเทคนิค SPCขั้นพื้นฐาน



รูปที่ 4.26 ตัวอย่างแบบฟอร์มแผนภูมิ $\overline{X} - R$



ใบการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ

ถ้ามีการเปลี่ยนเรื่องบุคคล, วัสดุ, สภาพแวดล้อม, วิธีการ, เครื่องจักร หรือ ระบบการวัดต้องบันทึก

การบันทึกการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นจะช่วยให้กำหนดแนวทางการแก้ไขได้ถูกต้องเมื่อมีลักษณะที่ไม่ปกติประการนี้ขึ้นที่แผนกู้ควบคุม

วันที่	เวลา	ข้อสังเกต	วันที่	เวลา	ข้อสังเกต

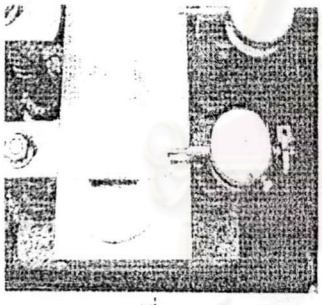
รูปที่ 4.27 ตัวอย่างแบบฟอร์มใบบันทึกการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ

วิธีการปฏิบัติงาน	เรื่อง : การ ปรับตั้ง ค่าขนาด"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตร	วันที่บังคับใช้ : 1 ธันวาคม 2545
427-15056-21-4.5	ฐาน"	หน้าที่ : 1 / 2

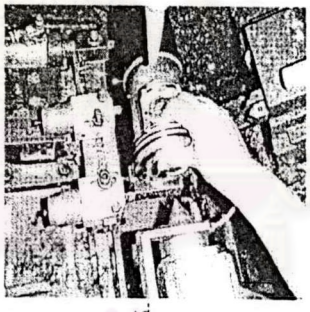
วิธีการปฏิบัติงานนี้ใช้ได้กับการปรับตั้งค่าในการกลึงความโตจุดเบสิก หรือการกลึงอื่นที่คล้ายคลึงกัน เช่น การกลึงความโตร่องแหวน, การกลึงความโตแลนด์ที่เป็นแลนด์ตรง และใช้ได้ทั้งกรณีการเปลี่ยน TOOLS ใหม่ หรือการปรับตั้งค่าให้ได้ขนาดความโตตามต้องการ

<u>วิธีปฏิบัติงาน</u>

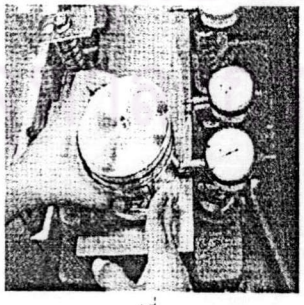
1. นำเกจบล็อคมาการปรับตั้งค่า (รูปที่ 1)
2. นำลูกสูบที่ใช้สำหรับปรับตั้งค่า (Setting-up) ใส่เข้าเครื่องกลึง FINISHING แล้วทำการกลึงขนาดตามมาตรฐานการทำงานที่กำหนดไว้ (รูปที่ 2 แสดงการนำลูกสูบใส่เข้าเครื่อง)
3. นำลูกสูบที่ทำการกลึงขนาดแล้วมาวัดขนาดความโต"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" โดยให้มีค่าความโตเป็น 2 ใน 3 ของจากเส้นกึ่งกลางของแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ค่าควบคุม ที่กำหนด (รูปที่ 3 และ เอกสารแนบที่ 1)
4. เมื่อวัดค่าความโต"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"แล้วถ้าค่าที่วัดได้ยังไม่อยู่ในค่า 2 ใน 3 ให้นำลูกสูบใช้สำหรับปรับตั้งค่า (Setting-up) มากลึงขนาดใหม่ โดยการปรับที่ไมโครมิเตอร์เข้า หรือออกตามขนาดที่ต้องการให้เล็ก หรือใหญ่ตามต้องการ (รูปที่ 4)
5. ให้ทำการกลึงและปรับขนาดจนกว่าค่าความโตเป็น 2 ใน 3 ของจากเส้นกึ่งกลางของแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ค่าควบคุมจึงจะถือว่าการปรับตั้งค่า (Setting-up) ค่าขนาดความโต"เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"สุด



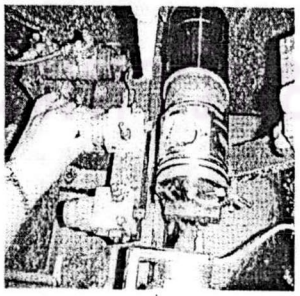
รูปที่ 1



รูปที่ 2

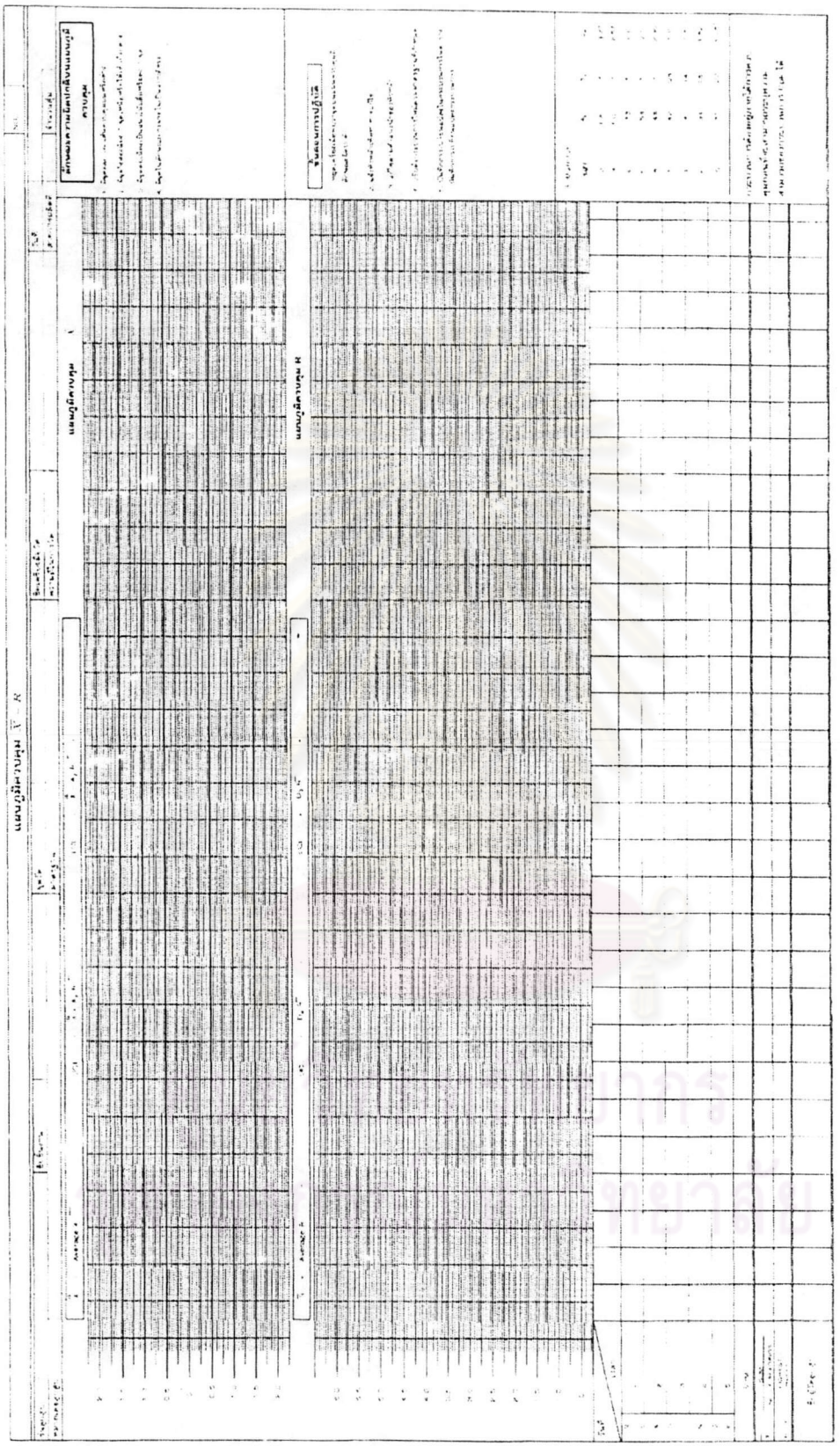


รูปที่ 3



รูปที่ 4

รูปที่ 4.28 (ก) มาตรฐานการปรับตั้งเครื่องกลึง



รูปที่ 4.28 (ข)

เอกสารแนบที่ 1

รายการที่ปรับปรุง	วิธีการปัจจุบัน	วิธีการใหม่
- ค่ามาตรฐานในการปรับตั้ง	ค่าอนุโลม (Tolerance) -ค่าอนุโลมบน (Upper Tolerance) -ค่าอนุโลมล่าง (Lower Tolerance)	แผนภูมิควบคุม ($\overline{X} - R$) - เส้นควบคุมบน (Upper Control Limit) - เส้นควบคุมล่าง (Lower Control Limit)
- วิธีการวัดขนาด	นาฬิกาวัด (Dial gage) - ค่าความละเอียด 1/1000 มิลลิเมตร	นาฬิกาวัด (Dial gage) - ค่าความละเอียด 5/10000 มิลลิเมตร
- อุปกรณ์ช่วยวัด	-ลูกสูบมาสเตอร์จากสายการผลิตวัดขนาดโดยเครื่อง CMM	- บล็อคเกจวัดขนาดโดยห้องสอบเทียบที่ได้รับการรับรองจากสถาบันที่เป็นที่ยอมรับ

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบการปรับตั้งเครื่องกลึงก่อนและหลังการปรับปรุง

4.2.5.3 วิธีการควบคุมมีดกลึง

การปรับปรุงวิธีการควบคุมมีดกลึงที่ใช้กลึงลูกสูบ ณ ขั้นตอน"การกลึงละเอียด" ผู้วิจัยได้ออกแบบสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติใช้ในกระบวนการ"การกลึงละเอียด"เพื่อควบคุมปัจจัยในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีผลต่อดัชนีค่าความสามารถของเครื่องจักร C_p) และกระบวนการ (C_{pk}) โดยสิ่งต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นมาและแนะนำให้บริษัทตัวอย่างนำไปปฏิบัติใช้ในกระบวน "การกลึงละเอียด" มีดังต่อไปนี้

1. มาตรฐานการตรวจลักษณะมีดกลึง ดังแสดงในรูปที่ 4.29 (ก)
2. ใบตรวจสอบลักษณะมีดกลึงประจำวันในรูปที่ 4.29 (ข)
3. ใบบันทึกการเปลี่ยนมีดกลึงดังแสดงในรูปที่ 4.29 (ค)

4.2.5.4 วิธีการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน

การปรับปรุงแก้ไขวิธีการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบ ณ ขั้นตอนการกลึงละเอียดนั้น ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขโดยใช้เทคนิค MSA เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจว่าระบบการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบต้องมีการแก้ไขหรือไม่ โดยเทคนิค MSA ที่เลือกใช้ในการตัดสินใจว่าระบบการวัดมีปัญหาหรือไม่นั้น คือความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ซึ่งรายละเอียดในการแก้ไขปรับปรุงระบบการวัด ณ ขั้นตอนการกลึงละเอียดนั้นได้กล่าวไว้โดยละเอียดแล้วในหัวข้อ 4.1.1 ผู้วิจัยไม่ขอกล่าวซ้ำอีก ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดที่ปรับปรุงแล้วนั้น ค่าความผันแปรด้านตำแหน่งที่ยอมรับได้ คือ Bias และ GR&R ของระบบการวัด ณ ขั้นตอน "การกลึงละเอียด" ที่ศึกษาหลังจากการปรับปรุงกระบวนการแล้วอยู่ในช่วง 10% ถึง 15% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นวิธีการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" จะปฏิบัติตามวิธีการที่ได้ปรับปรุงแล้วตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ 4.1.1 ฉะนั้น

ปัจจัยในด้านการวัดที่อาจส่งผลให้เกิดความผันแปรในกระบวนการและเป็นผลให้ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานนั้นถือว่าอยู่ภายใต้การควบคุม

4.2.5.5 สภาพแวดล้อมในการกลึง

การควบคุมอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างมีดกลึงและลูกสูบในขณะกลึง ณ ขั้นตอน "การกลึงละเอียด" ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติใช้ในกระบวนการกลึง เพื่อเป็นการควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม วิธีการที่ผู้วิจัยออกแบบและเสนอให้บริษัทนำไปปฏิบัติใช้ได้แก่

1. มาตรฐานการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็น ดังแสดงในรูป 4.30 (ก)
2. ใบตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็นประจำวัน ดังแสดงในรูปที่ 4.30 (ข)

4.3 บทสรุปแนวทางการแก้ไขปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่อาจมีผลทำให้เกิดความผันแปรในกระบวนการกลึงขั้นตอน "การกลึงละเอียด" สำหรับปัญหาหลักต่างๆ ที่ระบุไว้ตามแผนภูมิก้างปลาที่ 4.16เมื่อสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆได้แล้ว ผลที่คาดว่าจะได้รับก็ คือ สามารถลดและควบคุมความผันแปรในกระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อยขั้นตอน "การกลึงละเอียด" ผลที่คาดว่าจะได้รับ คือ ค่าดัชนีความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวนการ (C_{pk}) มีความน่าเป็นที่จะเพิ่มขึ้นจนถึงเกณฑ์มาตรฐาน คือมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 ผู้วิจัยได้สรุปสิ่งที่ออกแบบไว้เพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆสำหรับปัญหาหลักที่ระบุไว้ในแผนภูมิก้างปลาที่ 4.18 ดังตารางที่ 4.17

จากแผนการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.17 ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแผนการดำเนินแต่ละขั้นตอนตามกำหนดเวลาที่วางแผนไว้ โดยสรุปการดำเนินการในแต่ละช่วงเวลาได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาผู้วิจัยได้ดำเนินการแล้วเสร็จไปในช่วงวันที่ 13-14 ธันวาคม 2545
2. ขั้นตอนที่ 2 การเสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุงและนำไปปฏิบัติใช้งานจริง ผู้วิจัยได้ดำเนินการในช่วงวันที่ 16 ถึง 23 ธันวาคม 2545 ข้อมูลและบันทึกต่างๆที่บริษัทตัวอย่างได้ดำเนินการตามที่ผู้วิจัยเสนอดังแสดงไว้ใน**ภาคผนวก จ**
3. ขั้นตอนที่ 3 การเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วผู้วิจัยได้ดำเนินการในช่วงวันที่ 28 ถึง 30 ธันวาคม 2545 ข้อมูลดิบที่รวมจากกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงแล้วแสดงไว้ใน**ภาคผนวก ค**

4. ขั้นตอนที่ 4 คำนวณ ค่า Cp และ Cpk รวมทั้งประเมินผลเทียบเกณฑ์มาตรฐานผู้วิจัยได้ดำเนินการในช่วงวันที่ 31 ธันวาคม 2545 ถึง 2 มกราคม 2546
5. ขั้นตอนที่ 5 นำแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ไปปฏิบัติใช้ในกระบวนการผลิตผู้วิจัยได้ดำเนินการในช่วงวันที่ 2 ถึง 29 มกราคม 2546 ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวไว้ในบทที่ 5
6. ขั้นตอนที่ 6การเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตหลังจากการใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ผู้วิจัยจะได้ดำเนินการในช่วงวันที่ 30 มกราคม 2546 ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวไว้ในบทที่ 5
7. ขั้นตอนที่ 7 การคำนวณค่า C_p และ C_{pk} รวมทั้งเปรียบเทียบกับผลก่อนใช้แผนภูมิควบคุมผู้วิจัยได้ดำเนินการในช่วงวันที่ 30 มกราคม 2546 ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวไว้ในบทที่ 5

ปัญหาหลัก	แนวทางแก้ไขปรับปรุง	ลักษณะการปรับปรุง
1.พนักงานขาดความรู้ความเข้าใจการควบคุมกระบวนโดย SPC เทคนิค	-จัดทำคู่มือการใช้แผนภูมิ $\overline{X} - R$ เพื่อควบคุมกระบวนการ -จัดอบรมพนักงานที่ต้องใช้แผนภูมิควบคุมกระบวนการ $\overline{X} - R$	- จัดทำขึ้นมาใหม่ -ปัจจุบันไม่มีการอบรมเทคนิค SPC ให้พนักงาน
2.วิธีการปรับตั้งเครื่องกลึง	-ปรังปรุงมาตรฐานการปรับตั้งกลึงใหม่ -เปลี่ยนอุปกรณ์วัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์มาตรฐาน"	-ปรับเปลี่ยนจากวิธีการปัจจุบัน -เปลี่ยนแปลงจากวิธีการปัจจุบัน
3.วิธีการควบคุมมีดกลึง	-จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบลักษณะมีดกลึง -ออกแบบใบตรวจสอบลักษณะมีดกลึง -ออกแบบใบบันทึกการเปลี่ยนมีดกลึง	- จัดทำขึ้นมาใหม่ - จัดทำขึ้นมาใหม่ - จัดทำขึ้นมาใหม่
4.วิธีการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน	-เปลี่ยนอุปกรณ์ช่วยปรับตั้งอุปกรณ์การวัด -เปลี่ยนอุปกรณ์อ่านค่าวัด -จัดทำมาตรฐานการปรับตั้งระบบ -จัดทำมาตรฐานการการวัด -เปลี่ยนสถานที่วัด -ควบคุมอุณหภูมิระหว่างทำการวัด	- ปรับปรุงจากวิธีการปัจจุบัน - ปรับปรุงจากวิธีการปัจจุบัน - จัดทำขึ้นมาใหม่ - ปรับปรุงจากวิธีการปัจจุบัน - จัดทำขึ้นมาใหม่ - จัดทำขึ้นมาใหม่
5.สภาพแวดล้อมในการกลึง	-จัดทำคู่มือการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อ -ออกแบบบันทึกอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็นประจำวัน	- จัดทำขึ้นมาใหม่ - จัดทำขึ้นมาใหม่

ตารางที่ 4.17 สรุปแนวทางแก้ไขในกระบวนการ" กลึงละเอียด"

4.4 การเก็บข้อมูลจากกระบวนการที่ปรับปรุงแล้วและการประเมินค่าดัชนี C_p และ C_{pk}

จากแผนการแก้ไขปรับปรุง รูปที่ 4.17 หลังจากบริษัทตัวอย่างนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่ผู้วิจัยนำเสอนะไปปฏิบัติใช้จริงในกระบวนการกลึง "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ในช่วงวันที่ 20-26 ธันวาคม 2545 ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลค่าขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบ Toyota ทั้ง 5 รุ่นที่อยู่ในงานวิจัยอีกครั้งหนึ่ง ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลอีกครั้งหนึ่งจากกระบวน คือ ช่วงวันที่ 27-30 ธันวาคม 2545 โดยผลการวัดค่าขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ของลูกสูบทั้ง 5 รุ่นนั้น ผู้วิจัยนำมาคำนวณโดยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลล์ (Microsoft Excel) ซึ่งผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมการคำนวณขึ้นมาเอง และค่าสถิติที่คำนวณได้แก่

1. ดัชนีความส !มารถเครื่องจักร (C_p)
2. ดัชนีความสามารถของกระบวนการ (C_{pk})
3. เส้นควบคุมบน (UCL, Upper Control Limit)
4. เส้นกึ่งกลาง (CL, Center Line)
5. เส้นควบคุมล่าง (LCL, Lower Control Limit)

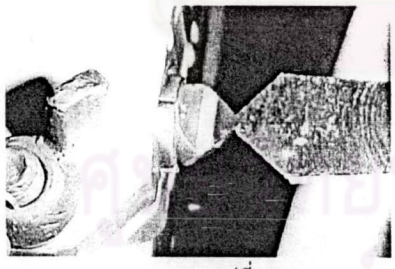
ส่วนข้อมูลที่สุ่มจากกระบวน"การกลึงละเอียด"ที่ปรับปรุงแล้วที่นำมาคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ค ผลการคำนวณค่าสถิติข้างต้นของลูกสูบทั้ง 5รุ่น ดังแสดงในรูปที่ 4.31-35 และสรุปผลการคำนวณค่าสถิติต่างๆผู้วิจัยได้ดังแสดงในตารางที่ 4.18

รุ่นลูกสูบ	หมายเลขลูกสูบ	ค่า C_p	ค่า C_{pk}	UCL	CL	LCL
2L	13211-05030	1.27	1.26	91.9570	91.9550	91.9531
5L	13211-05020	1.48	1.29	99.4673	99.4656	99.4640
122F	13211-05032	1.36	1.25	91.9573	91.9554	91.9536
3ZZ	13211-0D050	1.37	1.27	78.9122	78.9103	78.9086
508T	13211-02080	1.38	1.21	78.6224	78.6206	78.6188

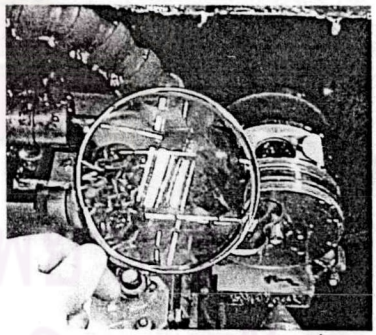
ตารางที่ 4.18 ผลการคำนวณค่าสถิติหลังการปรับปรุงกระบวนการ " กลึงละเอียด "

วัตถุประสงค์ : เพื่อให้มั่นใจว่า มีดกลึงลูกสูบ ณ ขั้นตอนการ " กลึงละเอียด" มีลักษณะขนาด ตามมาตรฐานเหมาะสมที่จะใช้กลึงลูกสูบเพื่อให้ได้ขนาดที่เป็นไปตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดเหมือนกันทุกลูก

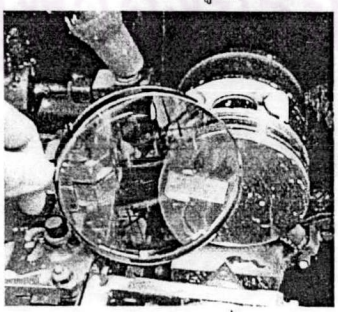
1. การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์
   - 1.1 แว่นขยายกำลังขยาย 90 มิลลิเมตร
   - 1.2 รัศมีเกจ (Radius gage)
   - 1.3 แสงสว่าง
2. เริ่มปฏิบัติงาน
   - 2.1 ใช้รัศมีเกจวัดที่ปลายมีดกลึงตรวจสอบดูช่องว่างว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดที่ระบุไว้ในใบตรวจสอบหรือไม่ดังรูปที่ 1
   - 2.2 ตรวจสอบองศาที่ปลายมีดกลึงโดยใช้แว่นขยายดังรูปที่ 2 ว่ามีองศาได้ประมาณที่ระบุไว้ในใบตรวจหรือไม่
   - 2.3 ตรวจสอบที่ปลายมีดกลึงโดยใช้แว่นขยายดังรูปที่ 3 ว่ามีรอยแตกที่ปลายมีดกลึงดังแสดงในใบตรวจสอบหรือไม่
   - 2.4 ตรวจสอบที่ด้านข้างมีดกลึงโดยใช้แว่นขยายดังรูปที่ 4 ว่ามีรอยแตกระหว่างมีดกลึงและด้ามมีดดังแสดงในใบตรวจสอบหรือไม่
   - 2.5 บันทึกผลการตรวจสอบในใบตรวจสอบมีดกลึงประจำวัน
   - 2.6 ถ้าพบว่ามีดกลึงมีลักษณะผิดปกติจากมาตรฐานที่แสดงไว้ในใบตรวจสอบให้ดำเนินการเปลี่ยนมีดใหม่และบันทึกการเปลี่ยนมีดในใบการเปลี่ยนมีดและใบการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่อไป
3. เลิกปฏิบัติงาน
   - 3.1 ให้เช็ดแว่นขยายและรัศมีเกจให้สะอาด แล้วทาวาสรินที่รัศมีเกจทุกครั้ง
   - 3.2 จัดเก็บแว่นขยายและรัศมีเกจตามช่องที่กำหนดไว้ แล้วเก็บให้เรียบร้อย



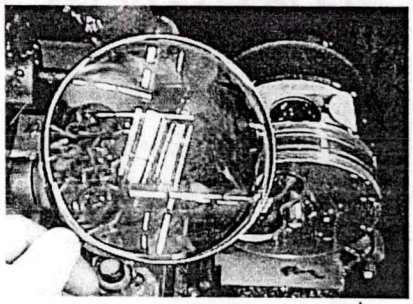
รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

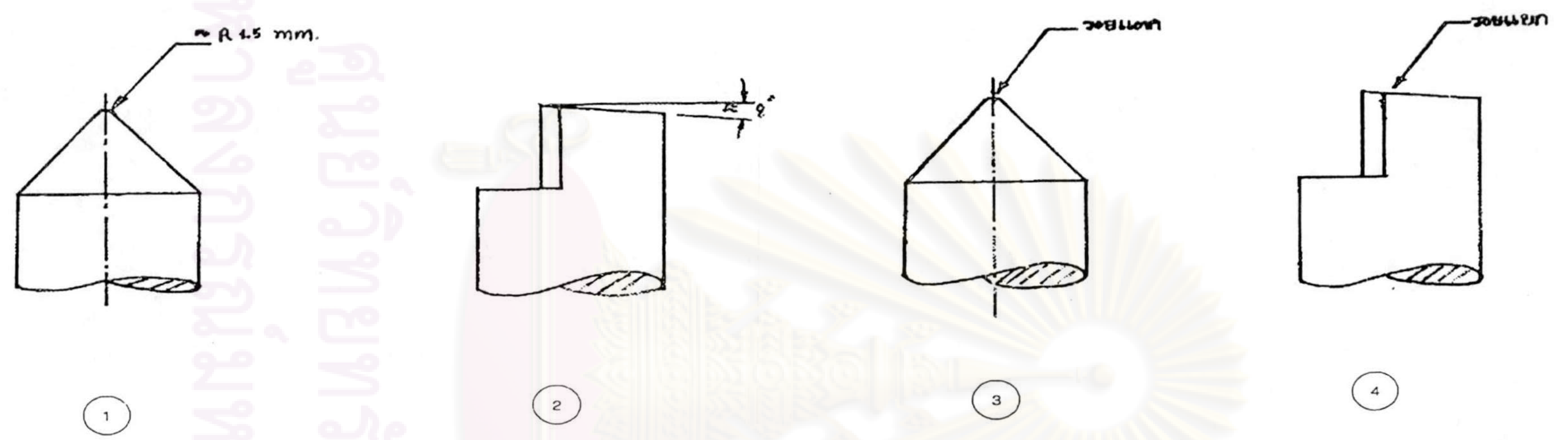


รูปที่ 4

รูปที่ 4.29 มาตรฐานการตรวจมีดกลึง (ก)

ใบตรวจสอบลักษณะมีดกลึง

สถานที่ตรวจ	กระบวนการกลึง Finishing			จุดตรวจสอบ	มีดกลึง	ชื่ออุปกรณ์ตรวจสอบ	สายตา/แว่นขยาย	ช่วงวันที่ตรวจสอบ
มาตรฐาน	20	ค่าอนุโลม	+/- 2	ความถี่	1 ครั้ง ต่อ กะ	หมายเลขอุปกรณ์วัด		



วันที่ตรวจ																														
1. มุมปลายมีดกลึง																														
2. .มุมลอบปลายมีดกลึง																														
3. รอยแตกปลายมีดกลึง																														
4. รอยแยกบริเวณมีดกลึงและด้าม																														
ชื่อผู้ตรวจสอบ																														
ชื่อผู้ทวนสอบ																														

หมายเหตุ

☒ NG

☑ OK

รูปที่ 4.29 ตัวอย่างแบบฟอร์มใบตรวจสอบลักษณะมีดกลึงประจำวัน (ข)

ใบรายงานการเปลี่ยน TOOLS / ปัญหาที่พบใน LINE

LINE NO. : .... รุ่นลูกสูบ : ....

ว / ด / ป	กะ	ชื่อเครื่อง/ TOOLS	จำนวน	รายละเอียด	เวลาที่ใช้	ผลผลิต / กะ	ผู้เปลี่ยน	ผลการ ตรวจเช็ค

หมายเหตุ :	ผู้ช่วย / หัวหน้าแผนก	ผู้ช่วย / ผู้จัดการแผนก
....		

รูปที่ 4.29 ตัวอย่างแบบฟอร์มใบบันทึกการเปลี่ยนมีดกลึง (ค)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตถุประสงค์ : เพื่อให้มั่นใจว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นมีค่าตามมาตรฐานที่กำหนดเพียงที่จะควบคุมอุณหภูมิที่เกิดขึ้นบริเวณที่มีดกลึงตัดเฉือนลูกสูบ

4. การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์

4.1 เทอร์โมมิเตอร์ (THERMOMETER) ดังแสดงในรูปที่ 1

5. เริ่มปฏิบัติงาน

5.1 นำเทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงไปในถังพักน้ำมันหล่อเย็นหน้าเครื่องกลึง

5.2 แช่เทอร์โมมิเตอร์ไว้ในถังพักประมาณ 2 นาทีเพื่อให้ปรอทอ่านค่าอุณหภูมิหยุดการเคลื่อนที่ซึ่งแสดงว่าเทอร์โมมิเตอร์อ่านค่าที่แท้จริงของน้ำมันหล่อเย็นแล้ว

5.3 บันทึกผลการวัดค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็นที่ได้ในใบบันทึกอุณหภูมิดังเอกสารแนบที่ 1

5.4 มาตรฐานค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการหล่อเย็นลูกสูบคือ $25 \pm 5^{\circ}c$

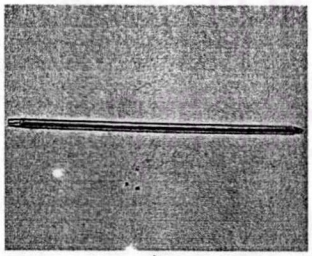
5.5 การวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็นให้พนักงานทำการวัดทุกครั้งก่อนการปฏิบัติงาน

5.6 ถ้าพบว่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็นสูง หรือ ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานให้แจ้งหัวหน้าเพื่อหาทางแก้ไข

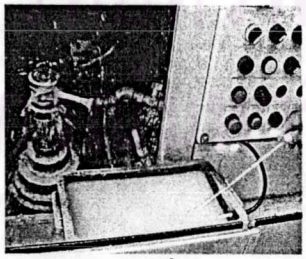
6. เลิกปฏิบัติงาน

6.1 ให้เช็ด THERMOMETER ให้สะอาดและแห้งปราศจากคราบน้ำมันหล่อเย็นทุกครั้ง

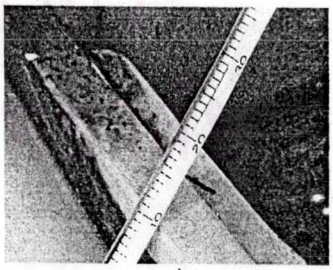
6.2 จัดเก็บในกล่องที่กำหนดให้เรียบร้อย



รูปที่ 1

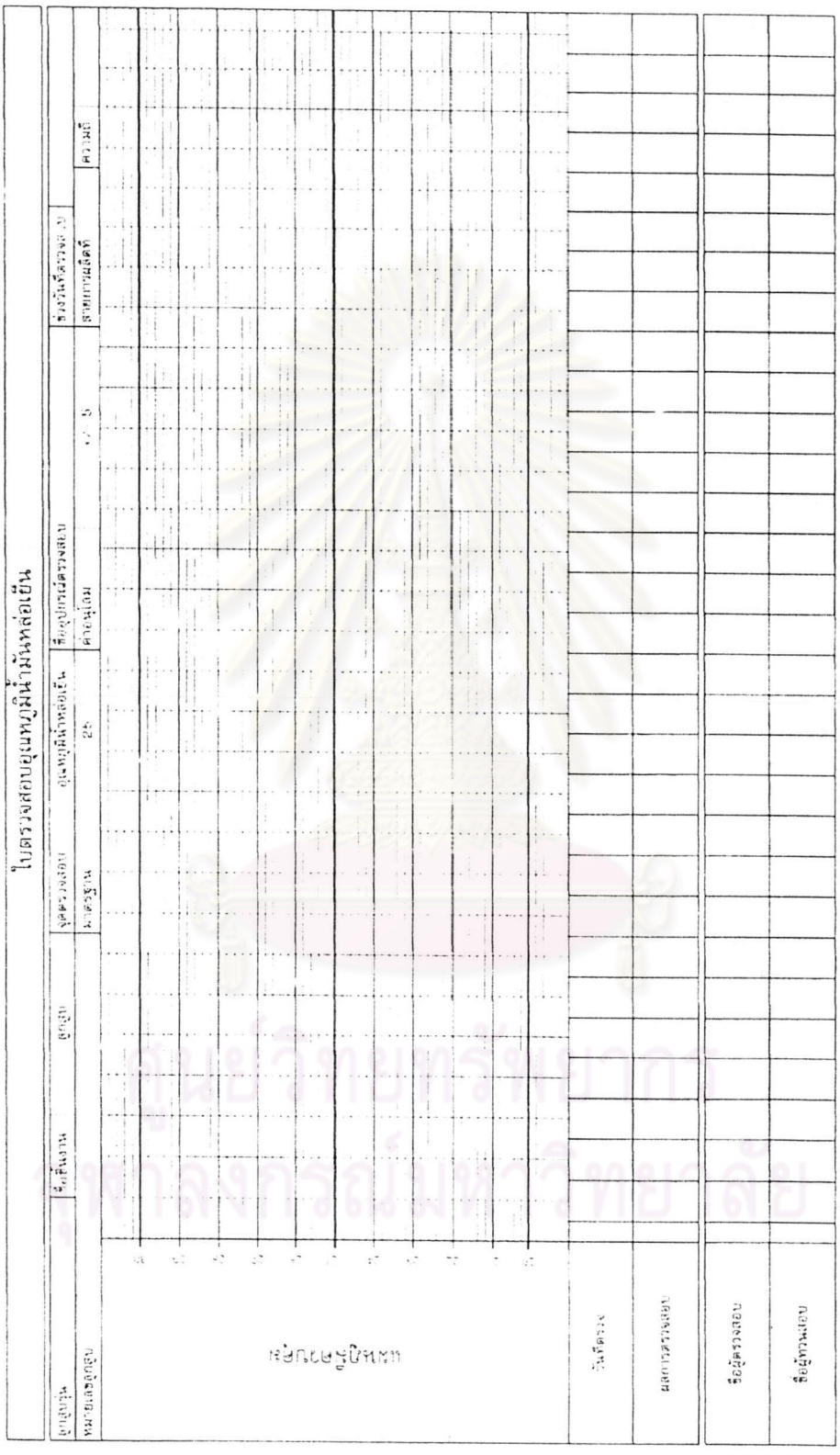


รูปที่ 2



รูปที่ 3

รูปที่ 4.30 มาตรฐานการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็น (ก)



เอกสารแนบที่ 1

รูปที่ 4.30 มาตรฐานการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็น (ข)

		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
ชุดที่	ครั้งที่ 1	91.9555	91.9535	91.9555	91.9555	91.9555	91.9540	91.9555	91.9565	91.9555	91.9565	91.9555	91.9565	91.9560	91.9555	91.9565	91.9565	91.9555	91.9535	91.9540	91.9535	91.9535	91.9525	91.9535	91.9525	91.9535
	ครั้งที่ 2	91.9535	91.9555	91.9535	91.9565	91.9555	91.9545	91.9555	91.9555	91.9565	91.9565	91.9555	91.9565	91.9560	91.9565	91.9565	91.9555	91.9555	91.9555	91.9545	91.9545	91.9545	91.9535	91.9535	91.9555	91.9555
	ครั้งที่ 3	91.9555	91.9555	91.9565	91.9555	91.9535	91.9545	91.9535	91.9555	91.9545	91.9535	91.9545	91.9525	91.9530	91.9525	91.9525	91.9545	91.9560	91.9555	91.9545	91.9550	91.9550	91.9565	91.9565	91.9555	91.9565
	ครั้งที่ 4	91.9555	91.9565	91.9555	91.9525	91.9525	91.9555	91.9555	91.9545	91.9525	91.9565	91.9565	91.9535	91.9555	91.9565	91.9555	91.9555	91.9550	91.9555	91.9550	91.9540	91.9535	91.9565	91.9565	91.9565	91.9555
ผลรวมค่าวัด		367.8200	367.8210	367.8210	367.8200	367.8170	367.8185	367.8200	367.8220	367.8190	367.8230	367.8220	367.8190	367.8205	367.8210	367.8210	367.8220	367.8220	367.8200	367.8180	367.8170	367.8165	367.8190	367.8230	367.8200	367.8210
UCL_x		91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570	91.9570
Grand Average		91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550	91.9550
X-Bar		91.9550	91.9553	91.9553	91.9550	91.9543	91.9546	91.9550	91.9555	91.9548	91.9558	91.9555	91.9548	91.9551	91.9553	91.9553	91.9555	91.9555	91.9550	91.9545	91.9543	91.9541	91.9548	91.9558	91.9550	91.9553
LCL_x		91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531	91.9531

ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ CPU = 1.262
ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ CPL = 1.280
ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_a = 1.271
ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_{pk} = 1.262

รูปที่ 4.31 ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นโดย Program Microsoft Excel ของลูกสูบรุ่น 2L

		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
ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	99.466	99.464	99.466	99.466	99.466	99.464	99.466	99.467	99.466	99.467	99.466	99.467	99.467	99.466	99.467	99.467	99.467	99.464	99.4665	99.4645	99.465	99.464	99.464	99.463	99.464
	ครั้งที่ 2	99.464	99.466	99.464	99.466	99.466	99.465	99.466	99.466	99.467	99.467	99.466	99.467	99.467	99.467	99.467	99.466	99.466	99.466	99.466	99.4649	99.4645	99.4645	99.467	99.466	99.466
	ครั้งที่ 3	99.466	99.466	99.467	99.466	99.4645	99.4645	99.464	99.466	99.465	99.464	99.465	99.463	99.465	99.463	99.464	99.465	99.467	99.466	99.466	99.4655	99.4655	99.4655	99.467	99.466	99.467
	ครั้งที่ 4	99.466	99.467	99.466	99.4645	99.4645	99.466	99.466	99.465	99.4655	99.467	99.466	99.464	99.466	99.467	99.466	99.466	99.467	99.466	99.4635	99.4645	99.464	99.4655	99.467	99.467	99.466
ผลรวมค่าวัด		397.8620	397.8630	397.8630	397.8625	397.8610	397.8595	397.8620	397.8640	397.8635	397.8601	397.8630	397.8610	397.8650	397.8630	397.8640	397.8640	397.8670	397.8620	397.8625	397.8594	397.8590	397.8595	397.8650	397.8620	397.8630
UCL_x		99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673	99.4673
Grand Average		99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656	99.4656
X-Bar		99.4655	99.4658	99.4658	99.4656	99.4653	99.4649	99.4655	99.4660	99.4659	99.4663	99.4658	99.4653	99.4663	99.4658	99.4660	99.4660	99.4668	99.4655	99.4656	99.4649	99.4648	99.4649	99.4663	99.4655	99.4658
LCL		99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640	99.4640

ดัชนีค่าความสามารถของกระบวนการ CPU = 1.287

ดัชนีค่าความสามารถของกระบวนการ CPL = 1.671

ดัชนีค่าความสามารถของเครื่องจักร C_a = 1.479

ดัชนีค่าความสามารถของกระบวนการ C_{pk} = 1.287

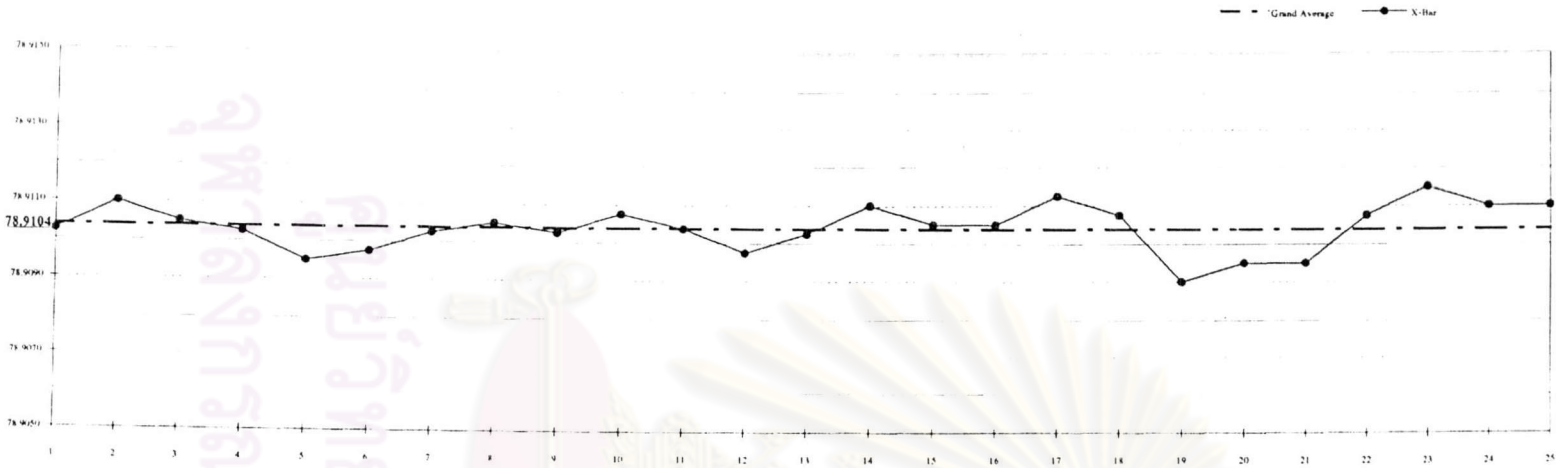
รูปที่ 4.32 ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นโดย Program Microsoft Excel ของลูกสูบรุ่น 5L

ชุดที่		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
	ครั้งที่ 1	91.954	91.956	91.954	91.957	91.956	91.955	91.956	91.956	91.957	91.957	91.956	91.957	91.957	91.957	91.957	91.956	91.956	91.956	91.953	91.953	91.953	91.954	91.957	91.956	91.956
	ครั้งที่ 2	91.956	91.956	91.957	91.956	91.954	91.953	91.954	91.956	91.955	91.954	91.955	91.953	91.953	91.953	91.954	91.955	91.957	91.956	91.954	91.957	91.956	91.957	91.957	91.956	91.957
	ครั้งที่ 3	91.956	91.957	91.956	91.953	91.953	91.956	91.956	91.955	91.957	91.957	91.956	91.954	91.956	91.957	91.956	91.958	91.957	91.956	91.954	91.954	91.954	91.957	91.957	91.957	91.957
	ครั้งที่ 4	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955	91.955
ผลรวมค่าวัด		367.8210	367.8240	367.8220	367.8210	367.8180	367.8190	367.8210	367.8220	367.8240	367.8230	367.8220	367.8190	367.8210	367.8220	367.8220	367.8220	367.8250	367.8230	367.8160	367.8190	367.8180	367.8230	367.8260	367.8240	367.8250
UCL_x		91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573	91.9573
Grand Average		91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554	91.9554
X-Bar		91.9553	91.9560	91.9555	91.9553	91.9545	91.9548	91.9553	91.9555	91.9560	91.9558	91.9555	91.9548	91.9553	91.9555	91.9555	91.9555	91.9563	91.9558	91.9540	91.9548	91.9545	91.9558	91.9565	91.9560	91.9563
LCL		91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536	91.9536

ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ CPU = 1.247
ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ CPL = 1.476
ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_p = 1.362
ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_{pk} = 1.247

รูปที่ 4.33 ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นโดย Program Microsoft Excel ของลูกสูบรุ่น 122F

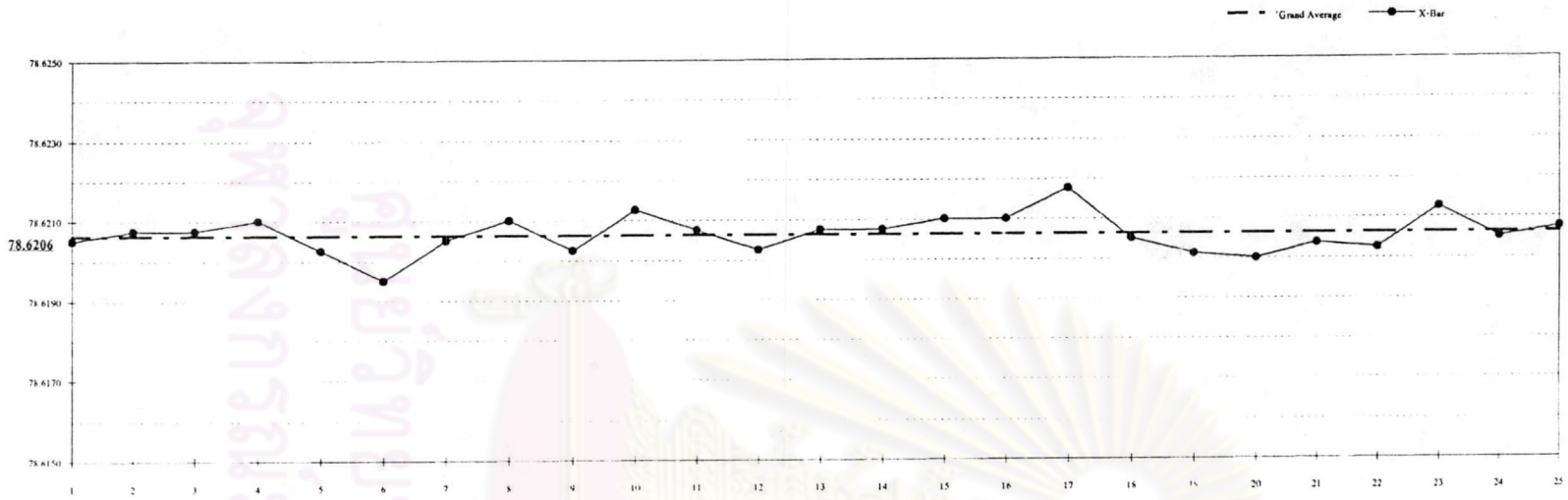
รูปที่ 4.34 ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นโดย Program Microsoft Excel ของลูกสูบรุ่น 3ZZ



		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
ค่าวัด	ครั้งที่ 1	78.909	78.911	78.909	78.912	78.911	78.91	78.911	78.911	78.912	78.912	78.911	78.912	78.912	78.912	78.912	78.911	78.911	78.911	78.908	78.908	78.908	78.909	78.912	78.911	78.911
	ครั้งที่ 2	78.911	78.911	78.912	78.911	78.909	78.908	78.909	78.911	78.91	78.909	78.9095	78.908	78.908	78.91	78.909	78.91	78.912	78.911	78.91	78.912	78.911	78.912	78.912	78.911	78.912
	ครั้งที่ 3	78.911	78.912	78.911	78.908	78.908	78.911	78.911	78.91	78.909	78.912	78.911	78.909	78.911	78.912	78.911	78.911	78.912	78.911	78.908	78.908	78.909	78.912	78.912	78.912	78.911
	ครั้งที่ 4	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91	78.91
ผลรวมค่าวัด		315.6410	315.6440	315.6420	315.6410	315.6380	315.6390	315.6410	315.6420	315.6410	315.6430	315.6415	315.6390	315.6410	315.6440	315.6420	315.6420	315.6450	315.6430	315.6360	315.6380	315.6380	315.6430	315.6460	315.6440	315.6440
UCL_x		78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122	78.9122
Grand Average		78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104	78.9104
X-Bar		78.9103	78.9110	78.9105	78.9103	78.9095	78.9098	78.9103	78.9105	78.9103	78.9108	78.9104	78.9098	78.9103	78.9110	78.9105	78.9105	78.9113	78.9108	78.9090	78.9095	78.9095	78.9108	78.9115	78.9110	78.9110
LCL		78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086	78.9086

ดัชนีค่าความสามารถบน	CPU	=	1.267
ดัชนีค่าความสามารถบน	CPL	=	1.478
ดัชนีค่าความสามารถเครื่องจักร	C_p	=	1.373
ดัชนีค่าความสามารถกระบวนการ	C_{pk}	=	1.267

รูปที่ 4.35 ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นโดย Program Microsoft Excel ของลูกสูบรุ่น 508T



		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
ค่าวัด	ครั้งที่ 1	78.6210	78.6190	78.6210	78.6210	78.6210	78.6190	78.6210	78.6220	78.6210	78.6220	78.6210	78.6220	78.6220	78.6210	78.6220	78.6220	78.6220	78.6190	78.6195	78.6200	78.6205	78.6200	78.6190	78.6180	78.6190
	ครั้งที่ 2	78.6190	78.6210	78.6190	78.6220	78.6210	78.6200	78.6210	78.6210	78.6220	78.6220	78.6210	78.6220	78.6220	78.6220	78.6220	78.6210	78.6210	78.6210	78.6200	78.6195	78.6200	78.6195	78.6220	78.6210	78.6210
	ครั้งที่ 3	78.6210	78.6210	78.6220	78.6210	78.6190	78.6180	78.6190	78.6210	78.6200	78.6190	78.6200	78.6180	78.6180	78.6180	78.6190	78.6200	78.6220	78.6210	78.6200	78.6205	78.6210	78.6210	78.6220	78.6210	78.6220
	ครั้งที่ 4	78.6210	78.6220	78.6210	78.6200	78.6200	78.6210	78.6210	78.6200	78.6180	78.6220	78.6210	78.6190	78.6210	78.6220	78.6210	78.6210	78.6220	78.6210	78.6210	78.6200	78.6200	78.6205	78.6220	78.6220	78.6210
ผลรวมค่าวัด		314.4820	314.4830	314.4830	314.4840	314.4810	314.4780	314.4820	314.4840	314.4810	314.4850	314.4830	314.4810	314.4830	314.4830	314.4840	314.4840	314.4870	314.4820	314.4805	314.4800	314.4815	314.4810	314.4850	314.4820	314.4830
UCL_x		78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224	78.6224
Grand Average		78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206	78.6206
X-Bar		78.6205	78.6208	78.6208	78.6210	78.6203	78.6195	78.6205	78.6210	78.6203	78.6213	78.6208	78.6203	78.6208	78.6208	78.6210	78.6210	78.6218	78.6205	78.6201	78.6200	78.6204	78.6203	78.6213	78.6205	78.6208
LCL		78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188	78.6188

ดัชนีค่าความสามารถบน CPU = 1.209

ดัชนีค่าความสามารถบน CPL = 1.558

ดัชนีค่าความสามารถเครื่องจักร C_p = 1.384

ดัชนีค่าความสามารถกระบวนการ C_{pk} = 1.209

ผลการคำนวณค่าดัชนีความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวนการ (C_{pk}) ของลูกสูบทั้ง 5 รุ่น ของกระบวนการขึ้นรูปย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ดังแสดงในตารางที่ 4.18 ผู้วิจัยพบว่าค่า C_pและ C_{pk}ที่ได้จากกระบวนการ "กลึงละเอียด" ที่ปรับปรุงแล้วมีค่าปรับปรุงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 3.10 ดังแสดงไว้ในบทที่ 3 อย่างไรก็ตามค่า C_p และ C_{pk} ที่คำนวณได้จากกระบวนการกลึง หลังจากการปรับปรุงยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานการเปรียบเทียบที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบค่าดัชนีความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ที่ได้ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงกับเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อแสดงให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงค่า C_p และ C_{pk}ดังแสดงในตารางที่ 4.19

รุ่นลูกสูบ	หมายเลขลูกสูบ	เกณฑ์มาตรฐาน		ก่อนปรับปรุง		หลังการปรับปรุง		% การปรับปรุง	
		Cp	Cpk	Cp	Cpk	Cp	Cpk	Cp	Cpk
2L	13211-05030	≥ 1.33	≥ 1.33	1.09	0.93	1.27	1.26	16.51	35.48
5L	13211-05020			1.21	1.18	1.48	1.29	22.31	9.32
122F	13211-05032			0.99	0.96	1.36	1.25	37.37	30.21
3ZZ	13211-0D050			1.18	1.09	1.37	1.27	16.10	16.51
508T	13211-02080			1.14	1.05	1.38	1.21	21.05	15.24

ตารางที่ 4.19 ค่าเปรียบ C_p, C_{pk} ก่อนการปรับปรุงและเกณฑ์มาตรฐาน

จากตารางที่ 4.19 ข้างต้นจะเห็นว่าค่า C_p และ C_{pk} ของลูกสูบนั้นมีค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลที่ได้จากตารางที่ 3.9 ในบทที่ 3 ซึ่งเป็นค่า C_p และ C_{pk} ที่ได้จากกระบวนการกลึงขึ้นรูปย่อย ณ "ขั้นตอนการกลึงละเอียด" ที่ยังมิได้มีการปรับปรุงกระบวนการแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามค่า C_p และ C_{pk} ที่ได้จากกระบวนการ "กลึงละเอียด" หลังการปรับปรุงแล้วก็ยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งค่า C_p มีค่าอยู่ระหว่าง1.27 ถึง1.48 และค่า C_{pk} อยู่ระหว่าง1.21 ถึง 1.29 ผู้วิจัยเห็นว่าค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานค่อนข้างมากดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปว่าแนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่นำเสนอไปให้บริษัทตัวอย่างปฏิบัติตามมีผลทำให้ค่าดัชนีความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวนการ(C_{pk}) เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ถ้าต้องการปรับปรุงกระบวนการให้ค่าดัชนี C_p และ C_{pk} มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์เปรียบเทียบมาตรฐาน คือ 1.33 โดยการปรับปรุงที่เหล่านั้นได้แก่

1. การหาอายุมีดกลึงที่เหมาะสม
2. การเปลี่ยนอุปกรณ์ปรับระยะการป้อนมีดกลึงให้ละเอียดขึ้นปัจจุบันได้ระยะเท่ากับ 1/1000 มิลลิเมตร
3. การเปลี่ยนอุปกรณ์อ่านค่าขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" เป็นระบบดิจิตอลจากปัจจุบันที่เสนอให้ปรับปรุงเป็นแบบนาฬิกาวัดความละเอียด 5/10000 มิลลิเมตร

การปรับปรุงสิ่งต่างๆเหล่านี้จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการจัดหาอุปกรณ์ต่างและรวมทั้งยังต้องใช้เวลาในการทดลองเก็บข้อมูล ผู้วิจัยมีเวลาที่จำกัดในการทำงานวิจัยนี้อีกทั้งดัชนีความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวนการ (C_{pk}) ที่คำนวณได้จากกระบวนการที่ปรับปรุงแล้วมีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานเปรียบเทียบมากแล้วดังกล่าวมาข้างต้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงหยุดเสนอแผนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการไว้แค่วิธีการต่างๆที่ได้นำไปปฏิบัติใช้โดยบริษัทตัวอย่างตามที่ได้นำเสนอไปแล้วข้างต้นเท่านั้น และจะดำเนินการนำแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ไปประยุกต์ใช้ควบคุมกระบวนกลึงขึ้นรูปย่อย" ขั้นตอนกลึงละเอียด" โดยรายละเอียดการนำแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ไปใช้ปฏิบัติงานจริงจะได้กล่าวอย่างละเอียดไว้ในบทที่ 5 ของงานวิจัยนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย