บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิพื้นผิวชิ้นงานก่อนการตัด ที่มีผลต่อค่าความขรุขระของพื้นผิวและค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน ในการกลึงเหล็กสเตนเลสด้วยใบมีดเซรามิก ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการทดลองของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. วัสดุชิ้นงาน (Materials) ชิ้นงานเป็นเหล็กสเตนเลส ชนิดออสเตนนิติก (Austenitic Stainless Steel) เกรด 304 หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เหล็กสเตนเลส 18-8 มีส่วนผสมของคาร์บอน 0.05% โครเมี่ยม 18% และนิเกิล 8% มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานเท่ากับ 25.4 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) ยาว 150 มิลลิเมตร ทำการกลึงเซาะร่องกว้าง 4 มิลลิเมตร ลึก 1.5 มิลลิเมตร ระยะห่างจากขอบงานด้านละ 25 มิลลิเมตร เพื่อเป็นพื้นที่ในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

2. ใบมีดและด้ามมีด(Cutting Tools and Tool Holder) เป็นใบมีดเซรามิก ชนิดอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ยี่ห้อ Sandvik แบบอินเสิร์ท 3 คมตัด เกรด 650 รหัส TPGN 16 03 04 T01020 มีค่ามุมคมตัดหลัก 30 องศา มุมคมตัดรอง 30 องศา มุม Rake Angle เมื่อประกอบกับด้ามมีดแล้วเท่ากับ 6 องศา และมีค่ารัศมีมุมมีด 0.4 มิลลิเมตร ซึ่งมีจำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาด ด้ามมีดยี่ห้อ Sandvik รหัส CTTPR 2525M16 ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.2 แสดงใบมีดเซรามิกที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.3 แสดงด้ามมีดที่ใช้ในการทดลอง

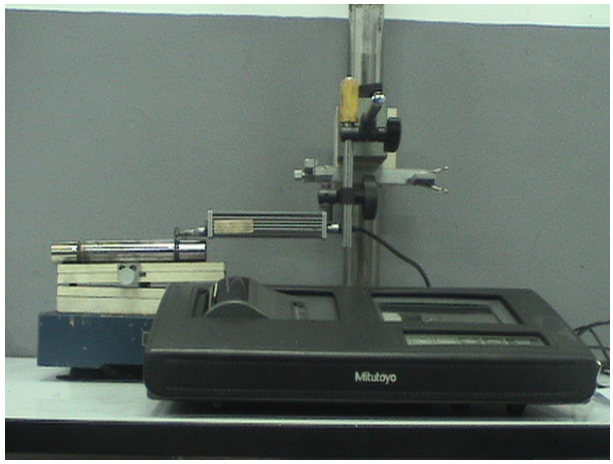
3. เครื่องกลึง (Lathe Machine) เครื่องกลึงที่ใช้ในการทดลอง เป็นเครื่องกลึงยี่ห้อ Mashstoy Troyan รุ่น Super C 490 ควบคุมการทำงานด้วยมือ มีแผงแสดงค่าการป้อนตัดด้วยระบบตัวเลข ปรับความเร็วรอบได้อย่างต่อเนื่องสามารถปรับความเร็วรอบได้สูงสุด 3,000 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูป 3.4

รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องกลึงที่ใช้ในการทดลอง

4. อุปกรณ์ให้ความร้อน (Heating Equipment) อุปกรณ์ให้ความร้อนในการทดลองจะใช้ก๊าซออกซิเจนและอเซทิลีน ดังแสดงในรูป 3.5

รูปที่ 3.5 แสดงอุปกรณ์ให้ความร้อนกับพื้นผิวชิ้นงาน

5. เครื่องวัดค่าความขรุขระ (Roughness Machine) เครื่องวัดค่าความขรุขระในการทดลอง เป็นชนิดเข็มลากผ่านพื้นผิวของชิ้นงานที่ต้องการวัดค่า ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SJ-301 ใช้วัดค่าความขรุขระหลังจากกลึงชิ้นงานมาแล้ว ดังแสดงในรูป 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องวัดความขรุขระพื้นผิวชิ้นงาน

6. เครื่องมือวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน เป็นเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ดิจิตอล ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น CD-8CS ความละเอียดในการวัด 0.01 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูป 3.7

รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน

7. เครื่องมือวัดอุณหภูมิของชิ้นงาน เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด ยี่ห้อ Testo รุ่น 860-T2 สามารถวัดช่วงอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดได้ตั้งแต่ -30 °C ถึง 900 °C ค่าความผิดพลาด ±1% ดังแสดงในรูป 3.8

รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิพื้นผิวชิ้นงาน

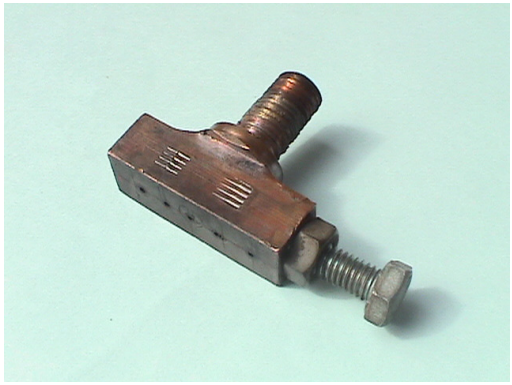
8. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy) เป็นกล้องจุลทรรศน์ รุ่น JSM – 5800LV ใช้ในการส่องดูเม็ดมีด ก่อนการกลึงและหลังการกลึงเพื่อเปรียบเทียบดูการสึกหรอของใบมีด ดังแสดงในรูป 3.9

รูปที่ 3.9 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน SEM

3.2 การเตรียมการทดลอง

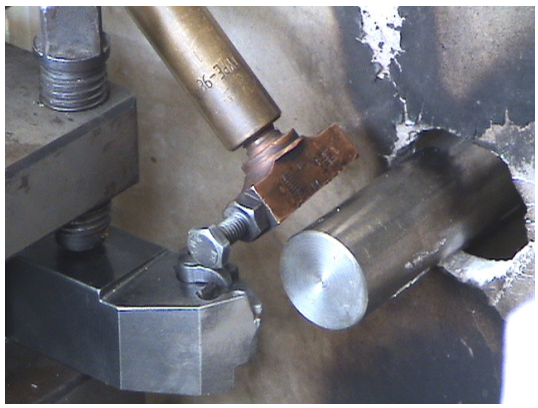
1. การเตรียมชิ้นงานในการทดลอง เป็นเหล็กสเตนเลส ชนิด ออสเตนนิติก (Austenitic Stainless Steel) เกรด 304 ดังแสดงในรูป 3.1

2. การเตรียมการทดลอง การทดลองครั้งนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิพื้นผิวชิ้นงานก่อนการกลึงต่อค่าความขรุขระของพื้นผิวและความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน โดยการให้ความร้อนกับพื้นผิวชิ้นงานก่อนการกลึง ดังนั้นก่อนการทดลองจึงได้ออกแบบหัวแก๊สที่ใช้ในการให้ความร้อนกับพื้นผิวของเหล็กสเตนเลส เพื่อให้พื้นผิวของชิ้นงานได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงและ สม่ำเสมอตลอดช่วงความยาวที่ทำการทดลอง 25 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูป 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงหัวแก๊สที่ออกแบบ

การให้ความร้อนกับพื้นผิวของชิ้นงานด้วยก๊าซออกซิเจน-อเซทิลีน โดยการใช้อุปกรณ์ที่ใช้กันทั่วไปประกอบด้วย ถังออกซิเจน ถังอเซทิลีน มิเตอร์วัดความดันก๊าซ หัวผสมก๊าซ ออกแบบแผงกันความร้อนเพื่อป้องกันไม่ให้สัมผัสกับชิ้นส่วนของเครื่องกลึง ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิพื้นผิวชิ้นงานด้วยแสงอินฟาเรด ออกแบบหัวแก๊สและชุดจับยึดกับป้อมมีดขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้ในการเผาให้ความร้อนกับพื้นผิวของชิ้นงาน โดยจะต้องตั้งค่าระยะห่างให้ปลายเปลวไฟชั้นในของเปลวออกซิไดซิ่ง ให้สัมผัสกับพื้นผิวของชิ้นงานพอดี และต้องสัมพันธ์กับค่าความลึกในการตัด (Depth of Cut) ด้วย ดังแสดงในรูป 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งชุดให้ความร้อนบนป้อมมีดของเครื่องกลึง

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

หลังจากที่ได้เตรียมชิ้นทดสอบและติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว มีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

1. ตั้งค่าความเร็วรอบ ค่าอัตราการป้อนตัด ของเครื่องกลึงตามเงื่อนไขในการทดลอง

2. ตั้งค่าเครื่องวัดอุณหภูมิตามเงื่อนไขในการทดลอง

3. ให้สุ่ม (Random) ชิ้นงานจากเงื่อนไขการทดลองที่ได้กำหนดไว้ 1 ชิ้น นำมาวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานก่อนการกลึงด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ 3 ตำแหน่ง

4. นำชิ้นงานมาจับที่ 3 จับของเครื่องกลึง กำหนดระยะในการจับชิ้นงานด้วย 3 จับเท่ากับ 25 มิลลิเมตร และมีตัวเลขแสดงค่าพิกัด (Coordinate) สำหรับบอกระยะในการจับชิ้นงานทุกครั้งเท่ากัน

5. เปิดวาล์วก๊าซออกซิเจนและอเซทิลีนที่หัวถัง ให้สังเกตที่เข็มของนาฬิกาวัดจะบอกค่าแรงดันในถัง

6. เปิดวาล์วก๊าซที่เกจจ์วัดแรงดันออกซิเจนและอเซทิลีน

7. เปิดเครื่องกลึง

8. เปิดวาล์วก๊าซอเซทิลีนที่ด้ามผสมก๊าซประมาณ ¼ รอบ จากนั้นใช้ที่จุดก๊าซจุดให้เปลวไฟติดขึ้น เปิดและปรับเปลวก๊าซออกซิเจนที่ด้ามจับให้เป็นเปลวออกซิไดซิ่ง

รูปที่ 3.12 แสดงการเริ่มต้นให้ความร้อนกับพื้นผิวของชิ้นงาน

9. เคลื่อนชุดป้อมมีดเข้าไปที่ชิ้นงานตามระยะที่กำหนดไว้ โดยมีค่าความลึกในการตัด (Depth of Cut) เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร เครื่องกลึงจะแสดงค่าตัวเลขไว้เป็นดิจิตอล

10. สังเกตค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟาเรด ตามเงื่อนไขในการทดลอง เมื่อถึงค่าความร้อนที่กำหนดไว้จะมีเสียงเตือน ดังแสดงไว้ในรูป 3.13

รูปที่ 3.13 แสดงเครื่องมือวัดความร้อนขณะทำการทดลอง

11. ปิดวาล์วก๊าซออกซิเจนและวาล์วก๊าซอเซทิลีนที่ด้ามผสมตามลำดับ

12. ปรับคันโยกกลึงปอกชิ้นงานอัตโนมัติ ความยาวในการกลึงปอกเท่ากับ 25 มิลลิเมตร ให้สังเกตระยะจากตัวเลขพิกัดของเครื่องกลึง

13. ถอยมีดออกจากชิ้นงานและปรับคันโยกการกลึงอัตโนมัติออกเป็นปกติ

14. ปิดสวิตซ์เครื่องกลึงและถอดชิ้นงานออกโดยใช้ถุงมือกันความร้อน

15. ใส่ชิ้นงานชิ้นต่อไป ทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 14 โดยการสุ่มตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบการทดลองไว้จนครบ

16. วัดค่าความขรุขระของพื้นผิวชิ้นงาน โดยแบ่งพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานเป็นมุม 120 องศา แล้วทำการวัดค่าความขรุขระด้วยเครื่องวัดยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SJ-301 ทำการวัด 3 ครั้ง แล้วนำค่าที่วัดได้จากการวัดมาเฉลี่ย โดยค่าความขรุขระที่ได้บันทึกไว้ คือ ค่า R_a, R_q และ R_t

รูปที่ 3.14 แสดงการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวชิ้นงาน

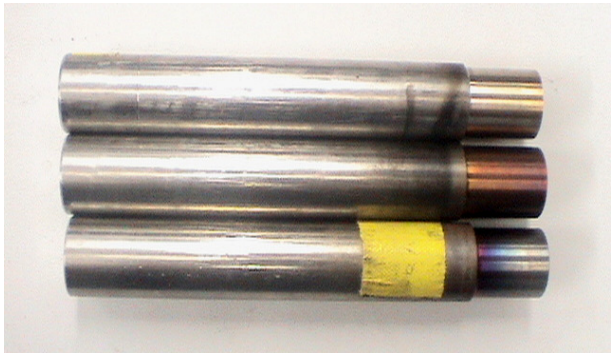
17. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานหลังการกลึง 3 ตำแหน่ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย และหาค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยสามารถหาได้จาก ค่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานที่คาดว่าจะเป็นลบด้วยค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานหลังการกลึง เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานก่อนกลึงเท่ากับ 25.34 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานที่คาดว่าจะเป็น เมื่อความลึกในการตัด (Depth of Cut) เท่ากับ 1 มิลลิเมตร คือ 23.34 แล้วลบกับค่าที่ได้จากการวัด สมมุติว่าค่าที่วัดได้เป็น 23.38 ค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน ก็คือ 23.34 – 23.38 = -0.04 ซึ่งใช้ไมโครมิเตอร์ ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น CD-8CS เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 วิธีการทดลองเบื้องต้น

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีทางความร้อนเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการวิจัยครั้งนี้พบว่า เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ เมื่อได้รับความร้อนจะมีการขยายตัว ทำให้มีความแข็งลดลง มีความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งตามสมมติฐานที่ตั้งเอาไว้คุณสมบัติในลักษณะนี้จะทำให้ตัดได้ง่ายขึ้น และส่งผลให้ค่าความขรุขระของพื้นผิวมีค่าน้อยลงและค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลง

ในการทดลองเบื้องต้นทดลองตัดที่อุณหภูมิ 150 °C, 300 °C, 450 °C และ 600 °C พบว่าพื้นผิวของชิ้นงานมีลักษณะดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.15 ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าที่อุณหภูมิ 300 °C พื้นผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีสีเหลืองทอง ที่อุณหภูมิ 450 °C พื้นผิวของชิ้นงานมีสีแดงไหม้ และที่อุณหภูมิ 600 °C พื้นผิวของชิ้นงานมีสีไหม้สุก ตามลำดับ ลักษณะพื้นผิวเช่นนี้ไม่เหมาะกับการนำมาใช้งาน เพราะมีลักษณะผิวดังกล่าวไม่ใช่เป็นจุดเด่นของวัสดุชนิดนี้



รูปที่ 3.15 แสดงพื้นผิวของชิ้นงานจากการทดลองเบื้องต้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้ทำการกำหนดช่วงอุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นไว้ 2 ค่า คือ 100 และ 200°C ที่ค่าความเร็วตัด 2 ค่า คือ 65 และ 95 เมตรต่อนาที โดยให้ค่าอัตราป้อน(Feed) เท่ากับ 0.1 mm./Rev. และค่าความลึก(Depth of cut) เท่ากับ 1 mm. โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ Two Factor Factorial Design โดยกำหนดตัวแปรที่ทำการทดลอง 2 ตัวแปร คือ ความเร็วตัด (Cutting Speed) และอุณหภูมิพื้นผิวของชิ้นงาน (Surface Temperature) ในแต่ละตัวแปรกำหนดค่าที่จะทำการทดลองเบื้องต้นไว้ 2 ค่า ดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงสภาวะการทดลองเบื้องต้น

Cutting Speed (m/min)	Temperature (oC)	
	200	225
95		
105		

จากตารางจะได้สภาวะการตัดที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น 4 สภาวะ และแต่ละสภาวะมีการทำซ้ำ (Replicate) 3 ครั้ง จะได้สภาวะในการทดลองเบื้องต้นทั้งหมด 12 ครั้ง ออกแบบการทดลอง เบื้องต้นโดยการสุ่มสภาวะการตัดทั้ง 12 ครั้ง ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab R14 ได้ดังนี้

```
Power and Sample Size

2-Level Factorial Design

Alpha = 0.05  Assumed standard deviation = 0.18

Factors:    2   Base Design: 2, 4
Blocks:  none


Center                 Total  Target
Points  Effect  Reps    Runs   Power  Actual Power
     0    0.49     3      12    0.95      0.983747
```

รูปที่ 3.16 แสดงจำนวนการทำซ้ำในการทดลอง

3.4.2 **ออกแบบการทดลองแบบ** Two Factor Factorials Design

การทดลองเบื้องต้น พบว่าที่ความเร็วตัดค่าสูง (95 m./min) และอุณหภูมิค่าสูง (200°C) จะให้ค่าความขรุขระของพื้นผิวและความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงานลดลง จึงได้ปรับค่าความเร็วตัดและอุณหภูมิให้สูงขึ้น เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมกับการตัด ซึ่งได้ปรับค่าความเร็วตัดไม่เกินค่าความสามารถของมีดเซรามิกเท่ากับ 120 เมตรต่อนาที และอุณหภูมิไม่เกิน 300 องศาเซลเซียส จากค่าที่ใช้ในการทดลองทั้งสองปัจจัย จะได้สภาวะในการตัด 25 สภาวะ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงสภาวะในการทดลอง

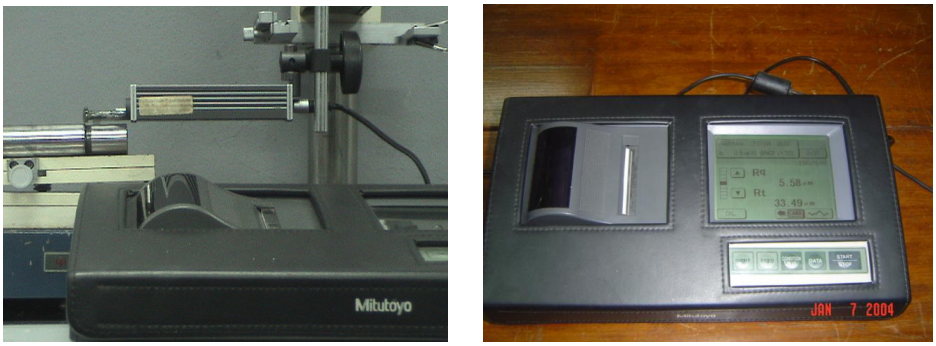
Cutting Speed (m/min)	Temperature (°C)				
	200	225	250	275	300
95					
100					
105					
110					
115					

หาจำนวนการทำซ้ำ (Replicate) เนื่องจากเงื่อนไขในการทดลองมี 25 สภาวะ ซึ่งถือว่าข้อมูลไม่เพียงพอในการที่จะคำนวณให้ได้ค่าทางสถิติที่ถูกต้อง ในการทดลองครั้งนี้จึงใช้จำนวนการทำซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ ในการทดสอบค่าทางสถิติของข้อมูล ได้เงื่อนไขในการทดลองทั้งหมด 75 สภาวะ

3.4.3 **การออกแบบวิธีการวัด** (Design of measurement method)

ในการทดลองนั้นจะทำการกลึงปอกชิ้นงาน เป็นระยะทาง 200 mm. และกำหนดจุดวัดที่ ระยะกลึง 70 mm. โดยแบ่งไม้ออกเป็น 3 จุดแต่ละจุดห่างกัน 120 องศา

1. วัดค่าความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness Measurement) ทำการวัดโดยการสุ่มประมาณ 120 องศา ตามแนวขนานกับเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน ด้วยเครื่องวัดความขรุขระ Mitotuyo SJ-301 โดยในแต่ละชิ้นจะทำการวัด 3 ครั้งเพื่อมาหาค่าเฉลี่ย โดยค่าที่ทำการบันทึกข้อมูลมี 3 ค่าคือ R_a, R_q และ R_t



รูปที่ 3.17 แสดงการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวชิ้นงาน

2. วัดค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน (Dimension measurement) ใช้เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ แบบดิจิตัล ยี่ห้อ Mitutoyo ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก่อนและหลังกลึงอย่างละ 3 จุด หาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน = ขนาดที่คาดว่าจะเป็น – ขนาดหลังกลึง นั่นคือ Dimensional Error = Expected Dimension – True Dimension