

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ ได้พิจารณาถึงเนื้อหาซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการผลิตที่เป็นงานตัดเฉือนในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เพื่อเสนอทางเลือกที่เอื้ออำนวยต่อระบบการทำงาน จึงได้นำเสนอหัวข้อการวิจัยที่เกี่ยวกับของเหลวที่ช่วยในการตัดเฉือน โดยศึกษาเปรียบเทียบกับวัสดุที่นิยมใช้อยู่ทั่วไปซึ่งได้แก่น้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำ (Soluble Oil) กับวัสดุที่เลือกมาทำเป็นงานวิจัยซึ่งเป็นน้ำมันพืชที่ใช้ในครัวเรือน (Vegetable Oil) เพื่อสรุปหาข้อแตกต่างในสาระสำคัญเกี่ยวกับแรงตัดเฉือน ความเรียบผิวงาน และการสึกหรอของมีด

1. วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการ มีดังต่อไปนี้

1.1 น้ำมันแบบผสมน้ำ (Soluble Oil)

มีลักษณะเหมือนกับน้ำมันหล่อลื่นทั่วไป ก่อนการใช้งานต้องผสมกับน้ำเปล่า (น้ำประปา) ในอัตราส่วนที่ น้ำมัน 1 ส่วน ต่อน้ำเปล่า 15-25 ส่วน เมื่อผสมกันแล้ว จะมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำมัน ในการทดลองครั้งนี้ใช้อัตราส่วน 1 ต่อ 20

1.2 น้ำมันพืช (Vegetable Oil)

เป็นวัสดุที่ใช้ในการประกอบอาหารในครัวเรือน ที่ทำมาจากน้ำมันปาล์ม (Palm Oil) ซึ่งในปัจจุบันกำลังมีการพิจารณาในการนำไปใช้กับระบบต้นกำลังของเครื่องยนต์ดีเซล

1.3 วัสดุงาน (Workpiece)

เป็นเหล็กเหนียวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นนิ้ว โดยวัสดุงานที่นำมาใช้ในการทดลอง จะมีขนาดเท่ากับ 1.5 นิ้ว หรือประมาณ 38.2 มิลลิเมตร นำมาตัดด้วยเลื่อยกลที่มีความยาว 150 มิลลิเมตร (ตัดสลับจำนวน สำหรับน้ำมันตัดเฉือนที่นำมาทดลองทั้ง 2 ชนิด) นำมากลึงปอก ให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38.0 มิลลิเมตร (\pm ไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร) ช่วงกลึงปอกความยาว 120 มิลลิเมตร ในท้องตลาดมีชื่อสามัญว่าเหล็กเพลชาว (0.3 %C, 0.38 %Mn, 0.06 %Cu, 0.04 %Ni และ 0.05 %Cr และอื่น ๆ) ที่มีความแข็งเฉลี่ยของภาคหน้าตัด 190 HB (Brinell's Hardness) และความต้านทานแรงดึงสูงสุด 550 นิวตันต่อตาราง มิลลิเมตร

1.4 วัสดุมีดกลึง (Tool Bit Material)

ทำจาก High Speed Steel ขนาดพื้นที่หน้าตัด 6.3*6.3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 100 มิลลิเมตร มีความแข็งประมาณ 62 HR_C ลับมุมต่างๆในขนาดต่อไปนี้

Normal Rake Angle	14	องศา
Side Cutting Edge Angle	45	องศา
Side Relieve Angle	10	องศา
End Cutting Edge Angle	10	องศา
End Relieve Angle	10	องศา
Nose Radius	0	มิลลิเมตร

2. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ในการศึกษาวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการ ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองหลายชนิด

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือหลักที่ต้องใช้ในการทดลองจนเสร็จสิ้นกระบวนการ ได้แก่

2.1.1 เครื่องกลึงสำหรับการจัดเตรียมวัสดุงานเบื้องต้น (Basic Lathe Machine) ใช้สำหรับการเตรียมวัสดุทดสอบก่อนการทดลอง ซึ่งเป็นเครื่องกลึงขนาดช่วงความยาวแท่น 1.5 เมตร จับยึดงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตที่สุดได้ 300 มิลลิเมตร ใช้กับหัวจับแบบ 3 จับฟันพร้อม และถอดเปลี่ยนเป็นยันศูนย์หัวและศูนย์ท้ายได้ โดยใช้สำหรับเจาะรูยันศูนย์หัวท้ายของชิ้นงาน รวมทั้งการกลึงปอกชิ้นงานให้ได้ขนาดตามที่กำหนด

2.1.2 เครื่องกลึงสำหรับการทดลอง (Lathe for Experimental) เป็นเครื่องกลึงขนาดความยาวแท่น 1.5 เมตร จับยึดงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตที่สุดได้ 300 มิลลิเมตร ใช้งานแบบยันศูนย์หัวและศูนย์ท้ายเคลื่อนที่แบบกึ่งอัตโนมัติ (เคลื่อนที่ตามแนวยาวเพื่อการทดลองแบบอัตโนมัติ โดยมีผู้ควบคุม) ที่ศูนย์หัวจับยึดงานด้วยอุปกรณ์พิเศษเพื่อป้องกันการม้วนพื้นของเศษ ศูนย์ท้ายเป็นแบบสปริงกด มีสเกลวัดขนาดแรงกด ซึ่งใช้ค่าคงที่ประมาณ 500 นิวตันตลอดการทดลอง มีระบบจ่ายของเหลวช่วยในการตัดเฉือนที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที และผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงของการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วน และการหมุนของเพลาลูกจับให้อยู่ในพิสัยที่กำหนด

2.1.3 อุปกรณ์สำหรับการวัดแรงตัดเฉือน (Lathe Tool Dynamometer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งที่แท่นยึดมีด (Tool Post) เพื่อวัดแรงในทิศทางตามแนวแกนทั้งสาม (F_x , F_y และ F_z) โดยต้องทำการสอบเทียบ (Calibrate) กับอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมาตรฐาน เพื่อหาขนาดการยุบตัวของแผ่นสปริงที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับแรงกดซึ่งจะแสดงผลออกมาที่นาฬิกาวัด โดยสเกลของนาฬิกาวัดมีความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร

2.1.4 อุปกรณ์สำหรับการวัดขนาดความเรียบผิวงาน (Surface Roughness Testing Machine) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการหาขนาดความเรียบของผิวงานที่ผ่านการตัดเฉือนจากการทดลอง โดยการวัดขนาดของความเรียบผิวเฉลี่ย (Roughness Average, R_A) ค่าที่ได้จากการวัดผ่านการคำนวณด้วยเครื่องวัดดังกล่าวแล้ว จะแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัล มีหน่วยวัดเป็นไมครอน ที่ความละเอียด 0.01 ไมครอน โดยก่อนทำการวัดต้องทำการสอบเทียบ (Calibrate) เพื่อวัดค่า และปรับแต่งค่าตัวเลขการวัดให้ได้ตามผิวงานอ้างอิงมาตรฐาน (Reference Surface)

2.1.5 อุปกรณ์กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกาว (Scanning Electron Microscope, SEM) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการหาขนาดการสึกหรอของคมตัดมีดที่ผ่านการตัดเฉือนจากการทดลองมาแล้ว โดยเป็นการหาขนาดความกว้างของการสึกหรอที่บริเวณผิว Frank Surface เนื่องจากเครื่องมือดังกล่าวสามารถขยายภาพในจุดที่ต้องการ และวัดค่าที่มีขนาดเล็กระดับไมครอน (Micron, เศษหนึ่งส่วนพันมิลลิเมตร) ได้อย่างเที่ยงตรง

2.2 อุปกรณ์ช่วยงานอื่นๆ (Accessories)

นอกจากอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองโดยตรงแล้ว ยังมีอุปกรณ์ที่จำเป็นอื่น ๆ ที่ต้องใช้ ดังต่อไปนี้

2.2.1 เครื่องลับมุมมีดเบื้องต้น (Pre-Tool Grinding Machine) ใช้สำหรับเตรียมมุมมีดเบื้องต้น เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้งานสะดวกและรวดเร็ว แต่ความเที่ยงตรงค่อนข้างน้อย

2.2.2 เครื่องลับมุมมีดขั้นสำเร็จ (Finish Tool Grinding Machine) ใช้สำหรับลับมุมมีดกลึง ที่ผ่านการลับเบื้องต้นมาแล้ว ให้ได้ค่ามุมตามที่กำหนดไว้ ซึ่งเครื่องมือดังกล่าว จะให้ค่าความเที่ยงตรงที่สูงกว่า

2.2.3 เครื่องวัดพิกัดงาน (Coordinate Measuring Machine, CMM) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้วัดตรวจสอบค่ามุมมิตที่ผ่านการลับมุมขั้นสำเร็จ ให้ได้ค่ามุมตามที่กำหนด (ทุกค่ามุมอยู่ในพิกัด \pm ไม่เกิน 10 ลิปดา) โดยเครื่องดังกล่าวนี้สามารถวัดมุมได้ที่ค่าความละเอียดระดับพิลิปดา

2.2.4 เครื่องวัดความแข็งของวัสดุ (Hardness Testing Machine) ใช้ในการวัดตรวจสอบความแข็งของวัสดุเม็ด เพื่อควบคุมให้อยู่ในค่าพิกัดที่กำหนด คือ 60-65 HR_C

2.2.4 เครื่องสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรงตัดเฉือน (Dynamometer Calibration Device) ใช้ในการสอบเทียบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์วัดแรงตัดเฉือน โดยการสร้างกราฟเพื่อนำไปเทียบกับกราฟที่ได้จากการทดสอบจากบริษัทผู้ผลิต โดยเครื่องดังกล่าวจะใช้สร้างกราฟจากการยุบตัวของนาฬิกาวัด เนื่องจากการเพิ่มแรงกดจากน้ำหนักมาตรฐานหลายๆจำนวน ซึ่งกราฟที่เกิดขึ้นจะต้องใกล้เคียงกับกราฟมาตรฐาน โดยการใช้สกรูปรับแรงกดของแผ่นสปริงให้ระยะการยุบตัวใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน

2.2.5 เครื่องมือวัดอื่นๆ ได้แก่

2.2.5.1 เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

2.2.5.2 เวอร์เนียไฮเกจ (Vernier Height Gauge)

2.2.5.3 ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)

2.2.5.4 ฟिलเลอร์เกจ (Filler Gauge) เป็นต้น

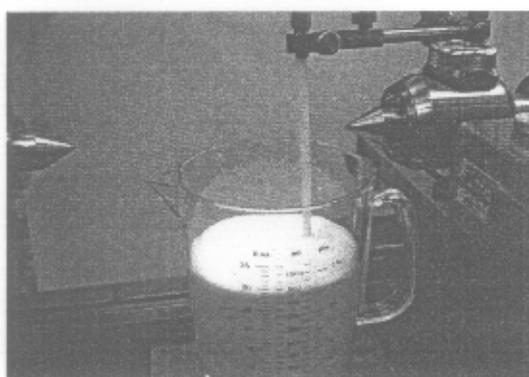
3. วิธีดำเนินการทดลองและการรวบรวมข้อมูล

ในการทดลองครั้งนี้ ได้แยกการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการทำทดลองที่ใช้ น้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำ (Soluble Oil) ส่วนที่สองใช้น้ำมันพืช (Vegetable Oil) เป็นวัสดุในการทดลอง ทั้งสองส่วนใช้วิธีการทดลองแบบเดียวกัน คือทำการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ได้แก่ แรงตัดเฉือน ความเรียบผิวงาน และการสึกหรอของมีด ตามค่าความเร็วตัดที่เปลี่ยนแปลงไปจำนวน 8 ค่า ในช่วงใช้งานทั่วไประหว่าง 20 ถึง 40 เมตรต่อนาที โดยที่ค่าตัวแปรอื่น คือความลึกรอยตัด อัตราป้อน และความเร็วรอบคงที่

3.1 การทดลองโดยการใช้ น้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำ (Soluble Oil)

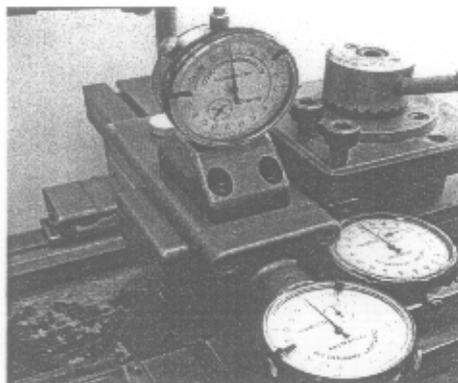
ตรวจสอบปริมาณน้ำมันตัดเฉือนในถังเก็บขนาด 25 ลิตร จากนั้นจึงเริ่มตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1.1 ทำการตั้งค่าตัวแปรการตัดเฉือนต่อไปนี้ให้คงที่ คือค่าความเร็วรอบที่ 315 รอบต่อนาที อัตราป้อนที่ 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบ ตั้งระยะความยาวในการตัดเฉือนที่ 100 มิลลิเมตร และปรับอัตราการไหลของวัสดุของเหลวที่นำมาช่วยในการตัดเฉือนให้อยู่ที่ 2 ลิตรต่อนาที ดังรูปที่ 17



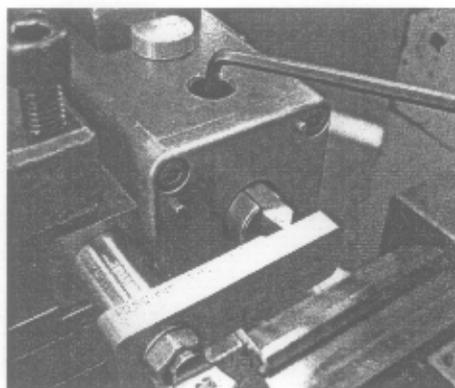
รูปที่ 17 การปรับอัตราการไหลของน้ำมันตัดเฉือน

3.1.2 จับยึดอุปกรณ์วัดขนาดแรงตัดเฉือนเข้ากับแท่นจับยึดมีด ตรวจสอบตำแหน่งศูนย์ของปลายมีดให้ตรงกับศูนย์หัวและศูนย์ท้ายเครื่องกลึง รวมทั้งตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 การจับยึดอุปกรณ์วัดขนาดแรงตัดเฉือน (Lathe Tool Dynamometer) เข้ากับแท่นจับยึดมีดกลึง (Tool Post)

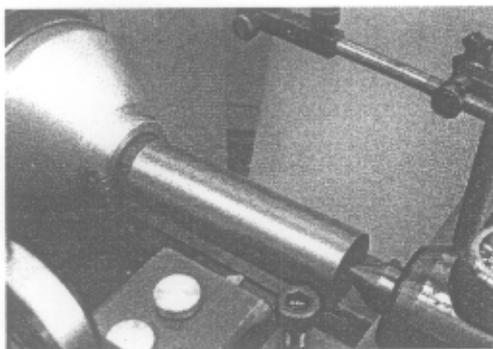
3.1.3 จับยึดมีดกลึงที่ผ่านการลับและตรวจสอบมุมแล้ว เข้ากับอุปกรณ์วัดขนาดแรงตัดเฉือน ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 การจับยึดมีดเข้ากับอุปกรณ์วัดขนาดแรงตัดเฉือน

3.1.4 จับยึดชิ้นงานเข้ากับศูนย์หัว และศูนย์ท้าย ดังรูปที่ 20 ให้ขนาดเริ่มต้นชิ้นงานอยู่ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ซึ่งจะทำให้ค่าความเร็วตัดเริ่มที่ 37.59 เมตรต่อนาที ปรับขนาดแรงกดศูนย์ท้ายไว้ที่ 500 นิวตัน ดังรูปที่ 21

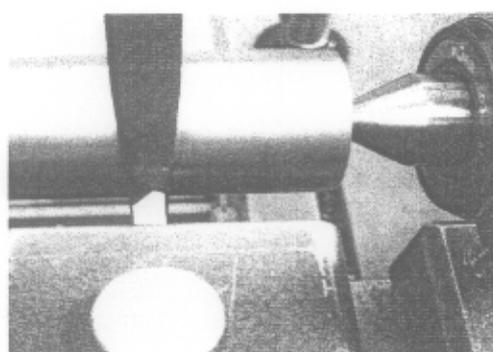
3.1.5 ตั้งความลึกการตัดเฉือน โดยการใช้แผ่นตรวจสอบระยะ (Filler Gauge) คือตั้งที่ความลึกการตัดเฉือนจริงที่ 1.25 มิลลิเมตร บวกกับความหนาของ Filler Gauge เช่น Filler Gauge หนา 0.25 มิลลิเมตร ต้องตั้งนาฬิกาวัด ที่ความลึก 1.5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 22



รูปที่ 20 การจับยึดชิ้นงานด้วยยึดศูนย์หัวท้าย

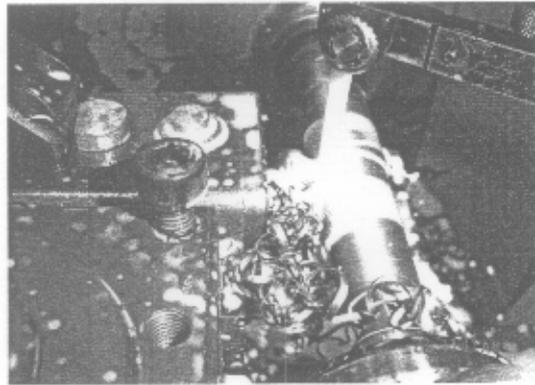


รูปที่ 21 การตั้งแรงกดศูนย์ท้าย



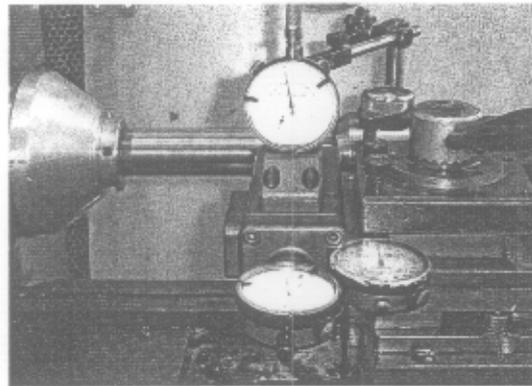
รูปที่ 22 การใช้แผ่นตรวจสอบระยะ (Filler Gauge)

3.1.6 ทำการกลึงปอกแบบอัตโนมัติ และใช้น้ำมันตัดเฉือนตามอัตราการใช้ที่กำหนดไว้ ดังรูปที่



รูปที่ 23 การกลึงปกอัดโนมิติ

3.1.7 อ่านค่าแรงตัดเฉือน โดยอ่านระยะยุบตัวจากสเกลที่นาฬิกาวัดทั้ง 3 แกน บันทึกลงในตารางที่จัดเตรียมไว้ ที่ตำแหน่งการตัดเฉือนระยะ 15 มิลลิเมตร 50 มิลลิเมตร และ 85 มิลลิเมตรตามลำดับ จำนวน 3 จุด ดังรูปที่ 24

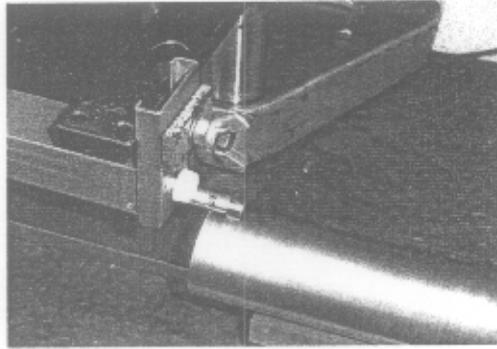


รูปที่ 24 การวัดแรงตัดเฉือนทั้ง 3 แกน

3.1.8 เปลี่ยนชิ้นงาน และเริ่มปฏิบัติตามขั้นตอน 3.1.4 จนครบจำนวน 4 ชิ้น

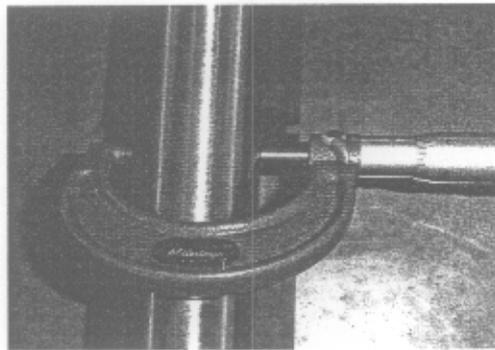
3.1.9 ทำความสะอาดผิวงาน โดยการพ่นด้วยลมจากถังอัดลม

3.1.10 วัดขนาดความเรียบผิวงาน โดยวัดจำนวน 8 จุด ระยะห่างระหว่างช่วงเท่ากับ 12 มิลลิเมตร บันทึกข้อมูลลงในตารางที่จัดเตรียมไว้ ให้ครบทั้ง 4 ชิ้น ดังรูปที่ 25



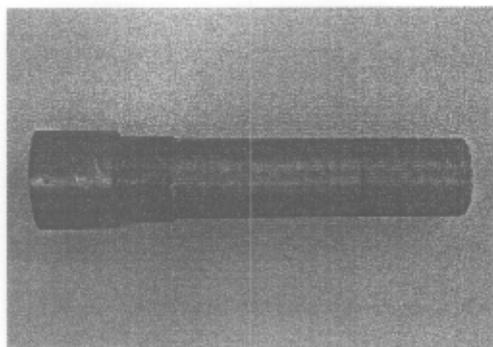
รูปที่ 25 การวัดขนาดความเรียบผิวงาน

3.1.11 ตรวจสอบขนาด โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานทั้ง 4 ชั้น ให้อยู่ในพิสัย ± 0.05 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 26



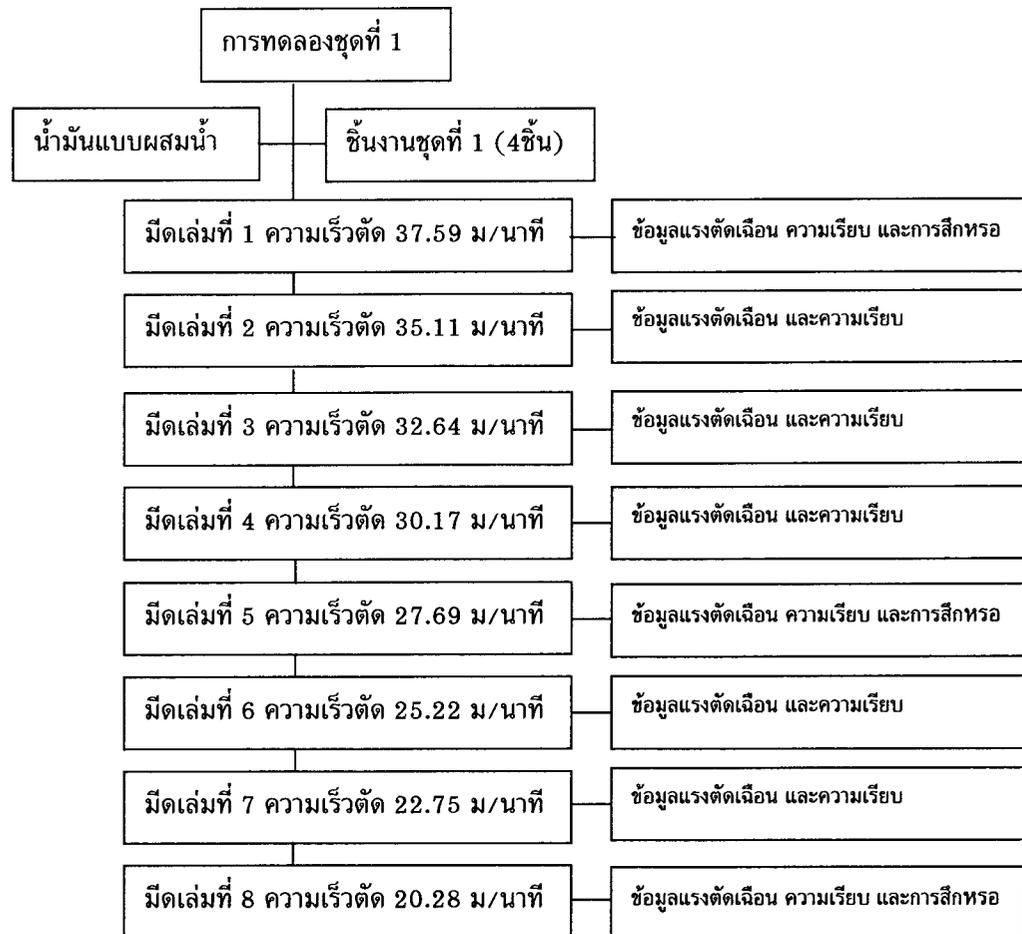
รูปที่ 26 การตรวจสอบขนาดชิ้นงานหลังการตัดเฉือน

3.1.12 กลึงปอกบ่างาน ใช้เครื่องกลึงในการจัดเตรียมชิ้นงานทำการกลึงปอก ให้ได้ระยะความยาว เดิมที่ 120 มิลลิเมตร ทั้ง 4 ชั้น เพื่อป้องกันการชนบ่าเดิมของมีด (บริเวณที่ระบายสี) ดังรูปที่ 27



รูปที่ 27 การแสดงบ่างานที่ต้องกลึงปอกออก

3.1.13 เริ่มตามขั้นตอนที่ 3.1.4 ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานจะลดลงครั้งละ 2.5 มิลลิเมตร ทำให้ความเร็วตัดลดลงเรื่อยๆ ในที่นี้ต้องการทดลองที่ความเร็วตัดจำนวน 8 ค่า เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดอยู่ที่ 18.5 มิลลิเมตร โดยมีความเร็วตัดทั้ง 8 ค่าดังนี้คือ 37.59 เมตรต่อนาที 35.11 เมตรต่อนาที 32.64 เมตรต่อนาที 30.17 เมตรต่อนาที 27.69 เมตรต่อนาที 25.22 เมตรต่อนาที 22.75 เมตรต่อนาที และ 20.28 เมตรต่อนาที ตามแผนภูมิการทดลองในรูปที่ 28



รูปที่ 28 แผนภูมิการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการ

3.2 การทดลองโดยใช้น้ำมันพืชเป็นน้ำมันตัดเฉือน

วิธีการทดลอง ขั้นตอนการดำเนินงาน การเก็บข้อมูล จัดการข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้หลักการเดียวกันกับการทดลองที่ใช้น้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำทุกประการ ตามแผนภูมิการทดลองในรูปที่ 28

4. วิธีจัดการข้อมูล

ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลดิบ ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้ ต้องนำมาแปลงค่า และหาค่าเฉลี่ยจึงจะนำไปวิเคราะห์เพื่อหาค่าสำคัญทางสถิติได้

4.1 การแปลงค่าแรงตัดเฉือน F_x , F_y และ F_z

ค่าที่ได้จากการวัด เป็นระยะยุบตัวของแกนนาฬิกาวัด ไม่ใช่ค่าแรงตัดเฉือนโดยตรง จึงต้องแปลงค่าระยะการยุบตัวให้เป็นแรงตัดเฉือนที่เกิดขึ้นจริง โดยที่

$$F_x = \text{Side Force} \quad F_y = \text{Back Force} \quad F_z = \text{Vertical Force}$$

ตัวอย่างการแปลงค่าแรงตัดเฉือน เช่น ในการทดลองที่ใช้น้ำมันตัดเฉือนเป็นแบบผสมน้ำ (Soluble Oil) ที่ความเร็วตัด 37.59 เมตรต่อนาที โดยใช้มีดเล่มที่ 1/1 วัสดุงานชิ้นที่ 1-1 ได้ค่าการยุบตัว (Deflection) ของนาฬิกาวัด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การแปลงค่าข้อมูลการยุบตัวของนาฬิกาวัดเป็นแรงตัดเฉือน

Point	Deflection, mm		
	F_x	F_y	F_z
1	0.006	0.008	0.006
2	0.006	0.008	0.006
3	0.006	0.008	0.006
Deflection Average	0.006	0.008	0.006
Force, kg.	14.92	5.86	9.76
Resultant Force, kg.	18.29		

จาก Calibration chart (ในภาคผนวก ก) สามารถหาค่าแรงตัดเฉือนจากกราฟ โดยสมการต่อไปนี้

4.1.1 Back Force (F_x)

$$\begin{aligned} F_x &= \text{Slope of Curve} * \text{Deflection Average} & (3-1) \\ &= (440/0.177) * 0.006 \\ &= 14.92 \text{ กิโลกรัม} \end{aligned}$$

4.1.2 Side Force (F_y)

$$\begin{aligned} F_y &= \text{Slope of Curve} * \text{Deflection Average} & (3-2) \\ &= (140/0.191) * 0.008 \\ &= 5.86 \text{ กิโลกรัม} \end{aligned}$$

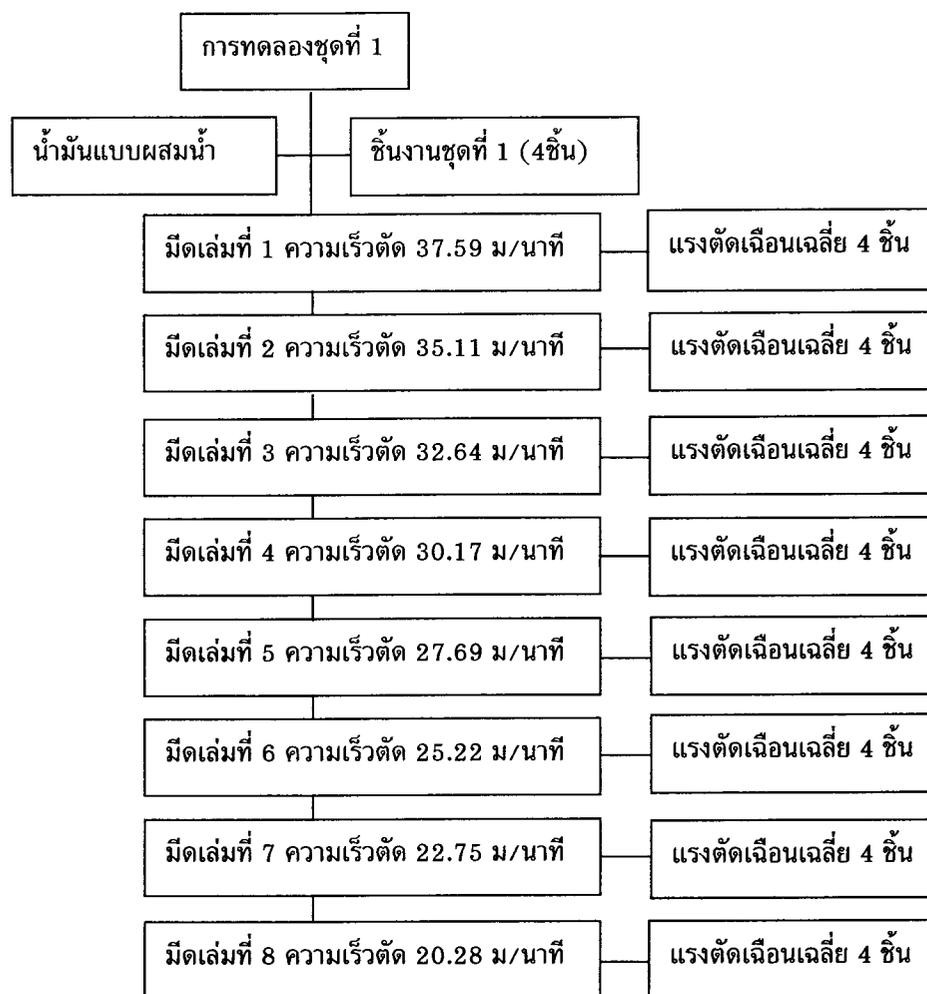
4.1.3 Vertical Force (F_z)

$$\begin{aligned} F_z &= \text{Slope of Curve} * \text{Deflection Average} & (3-3) \\ &= (280/0.172) * 0.006 \\ &= 9.76 \text{ กิโลกรัม} \end{aligned}$$

จากนั้นจึงนำค่าแรงตัดเฉือนที่เกิดขึ้นตามแนวแกนทั้งสาม มาทำการคำนวณหาค่าแรงลัพธ์ (Resultant Force, R) จากสูตรคำนวณต่อไปนี้

$$R = (F_x^2 + F_y^2 + F_z^2)^{0.5} \text{ กิโลกรัม} \quad (3-4)$$

เนื่องจากที่ความเร็วตัดแต่ละค่าใช้วัสดุงานจำนวน 4 ชั้น จึงต้องนำค่า R ที่คำนวณได้ตามวิธีการข้างต้นของชั้นงานทั้ง 4 ชั้น มาทำการเฉลี่ยค่าอีกครั้งหนึ่ง ถือเป็นค่าเฉลี่ยที่ความเร็วตัดนั้น ซึ่งการหาค่าเฉลี่ยต่อชุดหาได้ตามรูปที่ 29



รูปที่ 29 การหาค่าเฉลี่ยแรงลัพธ์ (Resultant Force, R) ของแต่ละชุดการทดลอง

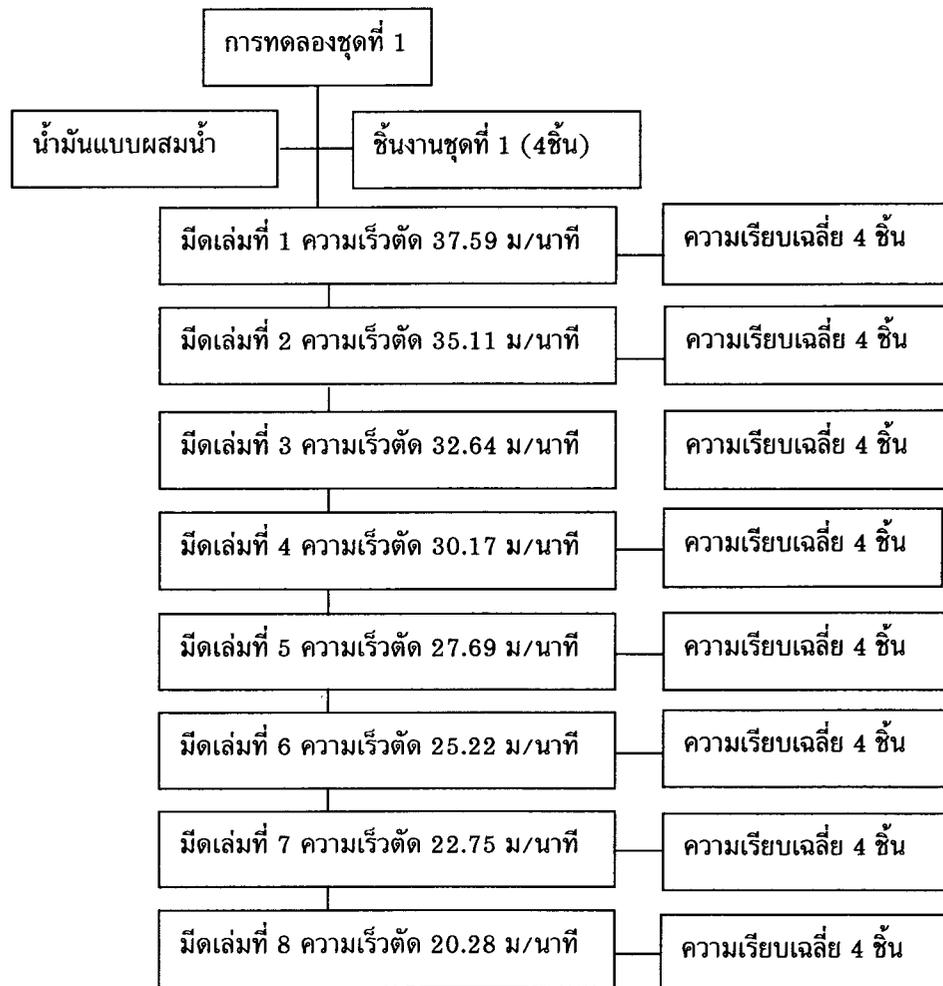
4.2 ความเรียบผิวงาน

ผลการทดลองที่นำมาพิจารณาคือค่าเฉลี่ยของการทดลองทั้งหมด โดยที่ค่าที่วัดได้เป็นข้อมูลมีหน่วยเป็นไมครอน ที่ไม่ต้องมีการแปลงค่า หรือปรับเปลี่ยนใดๆ ดังนั้นสามารถหาค่าเฉลี่ยของความเรียบในแต่ละค่าความเร็วตัด ของแต่ละชุดการทดลองได้ โดยมีตัวอย่างวิธีการหาค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นการทดลองตัดเฉือนด้วยน้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำวัดค่าความเรียบได้ตามตารางที่ 3 ทดลองงานที่ค่าความเร็วตัด 20.25 เมตรต่อนาทีของงานชุดที่หนึ่ง (ที่มี 8 ค่าความเร็วตัด) จากชั้นงานจำนวน 4 ชั้น แต่ละชั้นวัดค่าความละเอียดทั้งหมด 8 จุด แล้วทำการเฉลี่ยค่าทั้ง 8 ค่า (ชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 4 มีค่าเท่ากับ 6.17 ไมครอน 4.7 ไมครอน 5.49 ไมครอน และ 5.08 ไมครอน ตามลำดับ) จากนั้นจึงทำการเฉลี่ยค่าของทั้ง 4 ชั้นอีกครั้งหนึ่ง ได้เท่ากับ 5.37 ไมครอน

ตารางที่ 3 ขนาดค่าความเรียบผิวงาน

วัสดุ No.	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	เฉลี่ย
1-1	7.29	5.03	6.38	5.78	5.73	6.17	6.48	6.56	6.17
1-2	5.53	5.43	4.54	4.7	4.5	4.2	4.2	4.55	4.70
1-3	5.58	5.79	5.64	5.71	6.48	5.06	4.93	4.75	5.49
1-4	4.67	4.86	5.33	5.66	4.3	4.99	5.44	5.42	5.08
เฉลี่ย (ไมครอน)									5.37

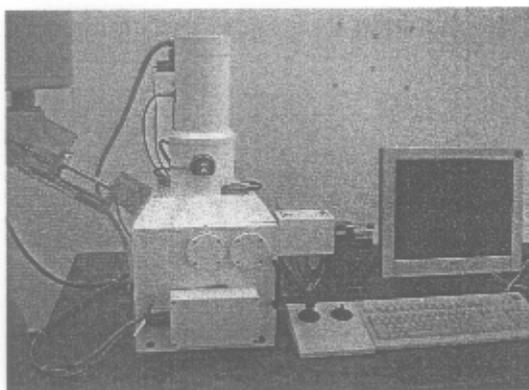
ใน 1 ชุดการทดลองจะมีค่าเฉลี่ยดังกล่าวทั้งหมด 8 ค่า ตามค่าความเร็วตัดที่กำหนดขึ้น ซึ่งวิธีการทดลองดำเนินการตามแผนผังในรูปที่ 30



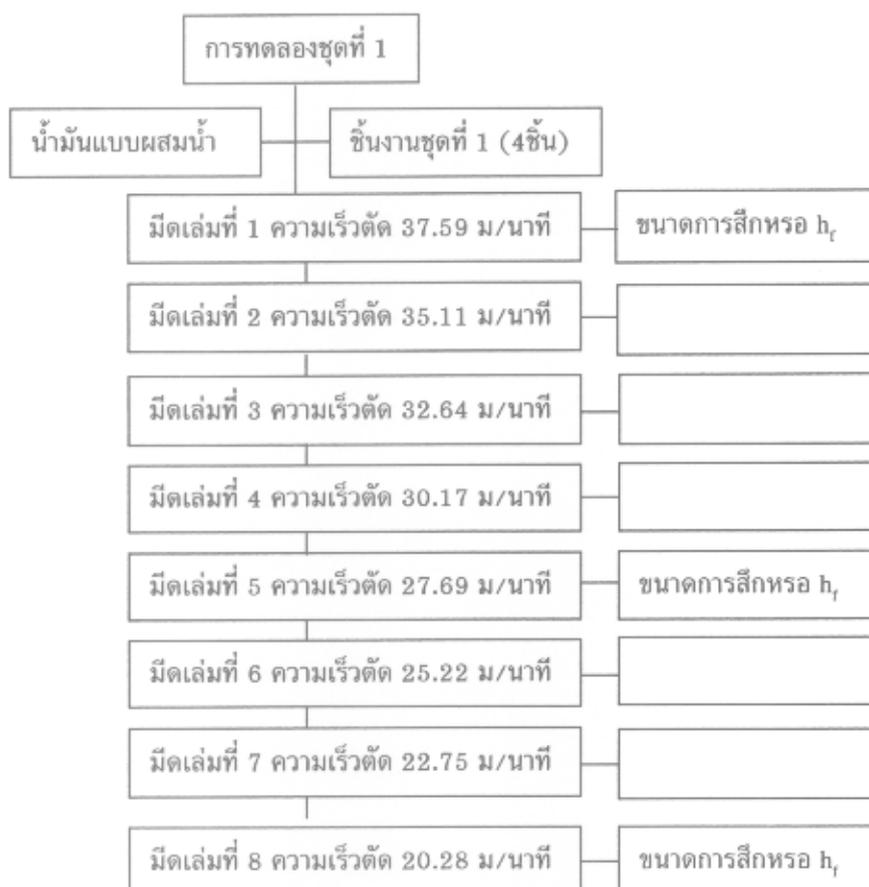
รูปที่ 30 การหาความเรียบเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง

4.3 การสึกหรอของคมตัด (Tool Wear)

มีดที่ผ่านการตัดเฉือน ถูกนำมาวัดหาค่าการสึกหรอด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscope, SEM) ดังรูปที่ 31 เพื่อหาขนาดการสึกหรอของขอบคมตัด (Frank Wear) โดย 1 ชุด การทดลอง ใช้มีด 8 เล่ม ได้ค่าขนาดการสึกหรอทั้งหมด 3 ค่า (วัดขนาดเพียงบางค่า) ตามแผนผังการวัดขนาดการสึกหรอในรูปที่ 32



รูปที่ 31 กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscope)



รูปที่ 32 การหาค่าการสึกหรอของมีด (h_f) ของแต่ละชุดการทดลอง