บทที่ 3

การเตรียมอุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสำหรับโครงงานวิจัย มีดังต่อไปนี้

1. ชิ้นงานตัวอย่าง (Work Material)
2. ใบมีดกลึง (Lathe-tool)
3. เครื่องกลึง (Lathe)
4. เครื่องวัดแรงในการกลึงโลหะ(Strain Gage Force Dynamometer)
5. อุปกรณ์วัดรอยสึกของใบมีด (Measuring Microscope)
6. นาฬิกาจับเวลา

3.1 ชิ้นงานตัวอย่าง(Work Material)

วัสดุชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองในโครงงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด คือเหล็กกล้าโมลิบดินัม (Molybdenum Steel) เกรด AISI 4140 และเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)เกรด C1018 ทั้งนี้เนื่องจากการสำรวจสอบถามไปยังบริษัทผู้ขายและโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในประเทศไทย พบว่าวัสดุสองชนิดดังกล่าวถูกนำมาใช้งานเป็นจำนวนมาก

3.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของเหล็กกล้าโมลิบดินัม เกรด 4140

เหล็กกล้าโมลิบดินัม เกรด AISI 4140 มีส่วนผสมของคาร์บอน(C) 0.4 % ซิลิกอน (Si) 0.25 % มังกานีส (Mn) 0.8 % โครเมียม (Cr) 1.0 % และโมลิบดินัม (Mo) 0.2% และเนื่องจากเป็นเหล็กธาตุคาร์บอนปานกลาง มีโครเมียมและโมลิบดินัมผสม ทำให้มีความเหนียวและทนแรงดึงสูง ซึ่งหลังจากชุบแข็งแล้วจะทนแรงดึงได้ไม่ต่ำกว่า 100 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร เหมาะสมที่สุดสำหรับทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์และเครื่องจักร เช่น เพลา เฟือง ข้อเหวี่ยง สกรู น็อต เป็นต้น

3.1.2 คุณสมบัติทั่วไปของเหล็กกล้าคาร์บอน C1018

เหล็กกล้าคาร์บอน เกรด C1018 มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอน(c) 0.178% ซิลิกอน (Si) 0.162% มังกานีส (Mn) 0.684% ฟอสฟอรัส (P) 0.025% และซัลเฟอร์ (S) 0.039% ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ มีความแข็งแรงต่ำ ไม่สามารถทำให้แข็งได้ด้วยวิธีการทางความร้อน (Heat Treatment)

3.2 ใบมีดกลึง(Lathe-tool)

มีดกลึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากในการกลึงโลหะ ผลงานจะประณีตหรือไม่ เป็นผลมาจากใบมีดกลึง ดังนั้นใบมีดกลึงควรมีคุณภาพดีและคมอยู่เสมอ นอกจากนี้มีดกลึงมีหลายขนาด เพื่อให้เหมาะสมกับงานที่จะทำการกลึง

มีดกลึงมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามสารที่ใช้ทำใบมีด แต่อย่างไรก็ตามใบมีดกลึงที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. ต้องมีความแข็ง (hardness) สูง ใบมีดกลึงต้องแข็งกว่าชิ้นงานเสมอจึงจะทำการตัดโลหะได้
2. ต้องคงความแข็งที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากขณะที่กำลังตัดโลหะใบมีดจะมีอุณหภูมิสูงอยู่ในช่วง 400-1200°F หรือมากกว่านั้น ฉนั้นสารที่ทำใบมีดจะต้องคงความแข็งหรือไม่อ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง
3. ไม่ควรเป็นสารที่เปราะกระเทาะร้าวง่าย ซึ่งปกติแล้วสารที่มีความแข็งสูงมักจะเปราะ จึงจำต้องหาสารที่นอกจากจะมีความแข็งแล้วยังต้องทนต่อการกระทบกระแทกโดยไม่แตกหักเสียหาย
4. ไม่ควรสึกหรอเร็วเกินไป

3.2.1 ลักษณะเรขาคณิตของใบมีดกลึง

รูปร่างลักษณะทางเรขาคณิตของใบมีดกลึง จะแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของสภาพงาน ซึ่งในการตัดแบบ Orthogonal Cutting นั้น มุมของใบมีดที่มี

อิทธิพลต่อผลงานมากที่สุดคือมุม rake angle และ clearance angle

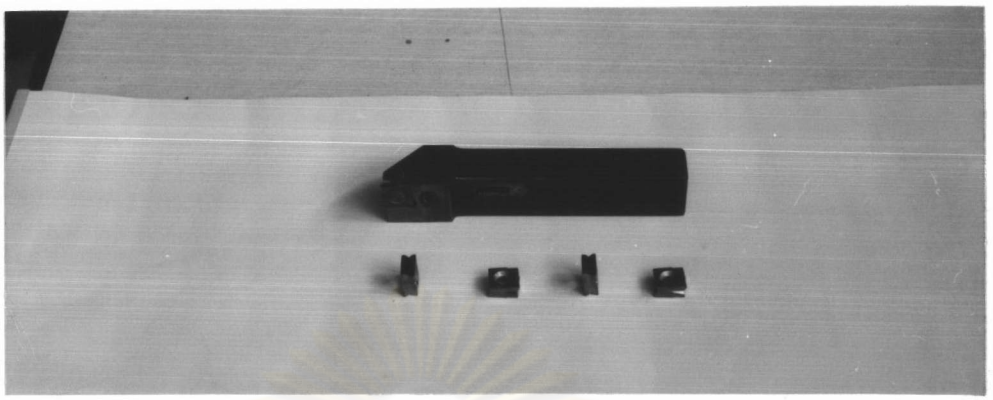
การระบุขนาดของใบมีดในรายงานฉบับนี้ใช้ระบบอเมริกันและมุมต่างๆ ของมีดกลึงขวา (right hand turning tool) มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3-1(a) โดยทั่ว ๆ ไปนั้นเพื่อให้ง่ายแก่การอ้างถึง มุมเหล่านี้จะเขียนไว้ตามลำดับที่แน่นอน ซึ่งลำดับของมุมที่แน่นอนและรัศมีของปลายมีด (nose radius) จะเรียกรวมกันว่า 'ลักษณะทางเรขาคณิตของใบมีดกลึง' (Tool Geometry or Signature of Tool) เช่น ลักษณะทางเรขาคณิตของใบมีดขนาด 8,10,6,7,10,20,2 มิลลิเมตร หมายความว่า ใบมีดมีขนาด back rake angle 8°, side rake angle 10°, end relief angle 6°, side relief angle 7°, end cutting edge angle 10°, side cutting edge angle 20° และ รัศมีปลายมีด 2 มิลลิเมตร

3.2.2 ใบมีดกลึงที่ใช้ในการทดลอง

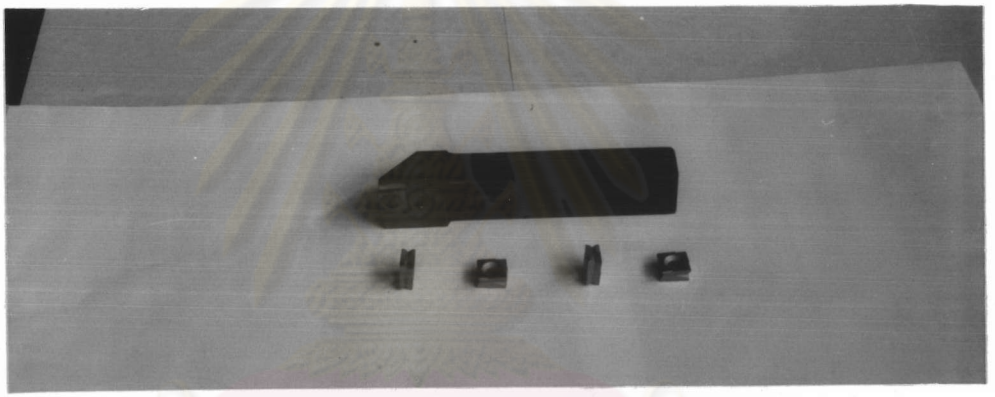
ใบมีดกลึงที่นำมาใช้ในการทดลองมี 4 ชนิดคือ ใบมีด HSS ใบมีดคาร์ไบด์เกรด P25 ชนิดกลึงขวา 8 คม ใบมีดคาร์ไบด์เกรด CM3 ชนิดกลึงขวา 8 คม และใบมีดคาร์ไบด์เกรด CM3 ชนิดกลึงขวา 2 คม ซึ่งรายละเอียดของใบมีดแต่ละชนิดมีลักษณะดังนี้

ใบมีด HSS ขนาด 0.5x0.5 นิ้ว ลับมุมมีดให้มีรูปทรงเรขาคณิตดังนี้ Back rake angle = 0° Side rake angle = 5° End relief angle = 5° Side relief angle = 5° End cutting edge angle = 5° Side cutting edge angle = 0° Nose radius = 0.4

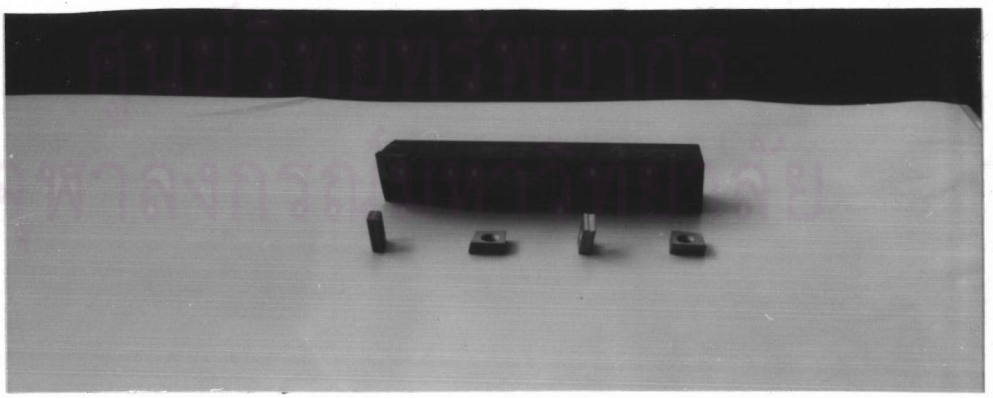
ใบมีดคาร์ไบด์ มีลักษณะเป็นเล็บมีดคาร์ไบด์ประกอบติดกับด้ามมีดซึ่งเป็นเหล็กกล้าคาร์บอน โดยที่เล็บมีดหรือคมมีดสามารถถอดเปลี่ยนได้เมื่อหมดคมแล้ว ส่วนเล็บมีดเกรด CM3 มีความแข็งมากกว่าเกรด P25 ซึ่งลักษณะของใบมีดดังกล่าวแสดงดังในรูป 3-1(a-c)



รูปที่ 3-1(a)



รูปที่ 3-1(b)



รูปที่ 3-1(c)

รูปที่ 3-1 แสดงใบมีดตัดโลหะ(Cutting tool)ที่ใช้ในการทดลอง

3.3 เครื่องกลึง

ปัจจุบันนี้เครื่องกลึงที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะการใช้งานต่าง ๆ กัน เครื่องกลึงที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ เครื่องกลึงยันศูนย์ (Center Lathe or Engine Lathe) ส่วนเครื่องกลึงชนิดอื่น ๆ ได้แก่ Tool Room Lathe, Speed Lathe, Bench Lathe, Turret Lathe และ Special Purpose Lathe

3.3.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องกลึงยันศูนย์

เครื่องกลึงยันศูนย์มีลักษณะพิเศษคือ มียันศูนย์ท้ายแท่น(Tail Stock) ซึ่งมีศูนย์เป็นจุดเรียวแหลมสำหรับยันหรือจับชิ้นงานให้ได้ศูนย์ ยันศูนย์ท้ายแท่นติดตั้งอยู่บนปลายสะพานแท่นกลึง เครื่องกลึงยันศูนย์มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. หัวแท่น (Head Stock) เป็นส่วนที่จับชิ้นงานให้หมุนเพื่อให้ปฏิบัติงานกลึงได้
2. แท่นมีด (Carriage) คือแท่นจับมีดและพามีดเข้ากลึงผิวโลหะ แท่นมีดสามารถเคลื่อนที่ไปมาบนสะพานแท่นกลึงระหว่างหัวแท่นกับยันศูนย์ท้ายแท่น
3. ยันศูนย์ท้ายแท่น (Tail Stock) เป็นส่วนที่ตั้งอยู่บนปลายหนึ่งของสะพาน แท่นกลึงตรงกันข้ามกับหัวแท่น โดยปกติใช้สำหรับจับยันศูนย์ (Center) เพื่อตรึงชิ้นงานยาว ๆ ให้อยู่กับที่ในแนวแกนของชิ้นงาน หรือใช้จับดอกสว่านเพื่อเจาะรู หรือผายปากรูบนชิ้นงาน
4. สะพานแท่นกลึง (Bed) เป็นแคร่ที่รองรับอุปกรณ์เครื่องกลึงทุกส่วน และเป็น ส่วนบนของฐานแท่นเครื่อง สะพานมีผิวเรียบและมีราง (Rail) เป็นทางยาวเพื่อนำให้แท่นมีดและยันศูนย์เคลื่อนได้ตรงตามแนวตลอดเวลา
5. เพลานำ (Lead screw) ใช้สำหรับนำตัดเกลียวและมีหน้าที่นำให้แท่นมีดเคลื่อนตัดเกลียวตามขนาดที่ต้องการ

6. เพลาดึง(Feed Shaft)เป็นเพลาซึ่งทำหน้าที่ขับแท่นมีดให้เคลื่อนที่เวลากลึงปอกหรือกลึงปาดหน้าโดยอัตโนมัติ ความเร็วของแท่นมีดสามารถปรับได้ที่ชุดเฟืองทดขับกลึง
7. แท่นหมุนมีด (Compound Rest) เป็นส่วนที่อยู่บนแท่นมีดขึ้นไปและรองรับป้อมมีด(Tool Post) แท่นหมุนมีดสามารถหมุนได้รอบตัวบนแนวนอนและมีขีดระบุบ่งจำนวนองศาไว้ด้วย
8. ป้อมมีด (Tool Post) ใช้สำหรับจับ ที่จับมีด (Tool Holder) โดยที่มือจับมีดมีหน้าที่จับใบมีด (Cutting Tool) ไว้

3.3.2 เครื่องกลึงที่ใช้ในการวิจัย

ในการทดลองของโครงงานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องกลึง Colchester Lathe รุ่น Colchester Student โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 3 แรงม้า พร้อมเครื่องปรับความเร็วรอบ ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถปรับค่าความเร็วรอบของค่าความเร็วรอบของแกนหมุน (Spindle Speed) ได้ตามต้องการซึ่งเดิมนั้นสามารถทำการปรับค่าความเร็วรอบของแกนหมุน (Spindle Speed) ได้เพียง 8 ระดับ

3.4 เครื่องวัดแรงในการกลึงโลหะ

ชุดอุปกรณ์วัดแรงในการกลึงโลหะที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 ส่วนคือ

1. ไดนาโมมิเตอร์ (Strain Gage Dynamometer)
2. เครื่องขยายสัญญาณ (Dynamic Strain Amplifier)
3. เครื่องบันทึกข้อมูล (Light-Beam Oscillographs)

3.4.1 ไดนาโมมิเตอร์ (Strain Gage Dynamometer)

ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) เป็นอุปกรณ์ที่แปลงค่าของแรงใน

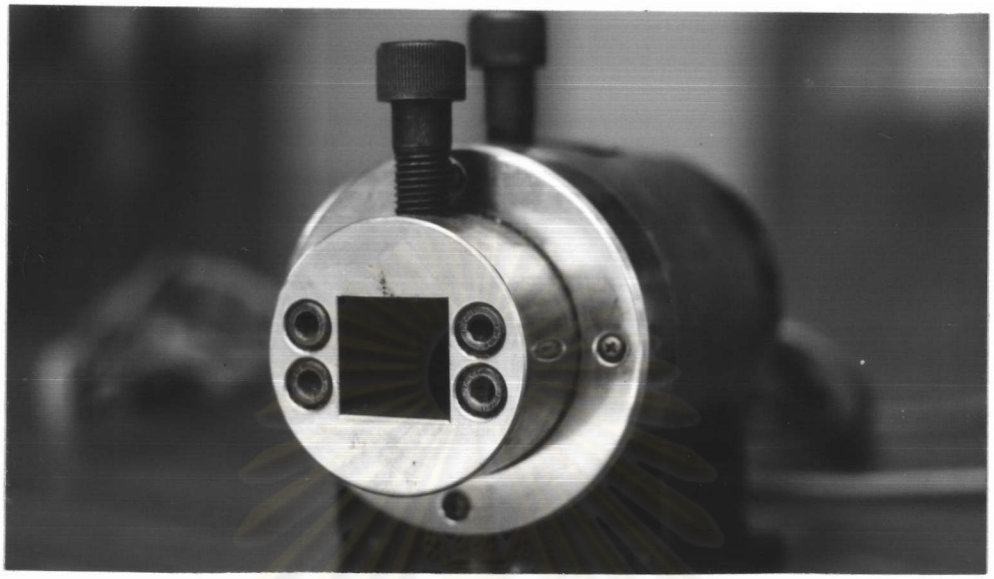
การกลึงโลหะให้เป็นสัญญาณการแปรรูปของสเตรนเกจ (Strain Gage) โดยที่สเตรนเกจมีลักษณะเป็นเส้นใย (foil) หรือเส้นลวดขนาดเล็กมากงอคดเคี้ยวไปมาได้ มีค่าความต้านทานไฟฟ้า 120 โอห์ม และการยืดหดตัวของสเตรนเกจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าระหว่างขั้วทั้งสองของสเตรนเกจ สัญญาณนี้จะถูกป้อนไปยังวงจรฮาล์ฟบริด (Half Bridge) เพื่อส่งออกไปยังเครื่องขยายสัญญาณ (Dynamic Strain Amplifier)

เนื่องจากสเตรนเกจ เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันมากในการวัดความแปรรูปบนไดนาโมมิเตอร์จึงเรียกรวมกันว่าสเตรนเกจไดนาโมมิเตอร์ และสาเหตุที่อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากคือ

1) ไดนาโมมิเตอร์มีขนาดเล็ก การเคลื่อนย้ายและการติดตั้งทำได้สะดวก
2) ใช้งานได้ง่ายกว่าเครื่องมือวัดทางกล (Mechanical Measurement) ชนิดอื่นๆ
3) มีประสิทธิภาพการใช้งานสูง ค่าที่วัดได้มีความแม่นยำและสามารถส่งกระแสไฟฟ้า (Electric Output) ที่ได้จากการวัดค่าต่างๆ ให้ห่างจากจุดที่วัดได้ ทำให้สะดวกต่อการบันทึกค่าข้อมูลต่างๆ
4) สามารถใช้เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้า (Electric Amplifier) ช่วยในการขยายสัญญาณที่ได้จากสเตรนเกจไดนาโมมิเตอร์ (Strain Gage dynamometer) ทำให้ข้อมูลมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

ไดนาโมมิเตอร์ (Strain Gage Dinamometer) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นชนิด AST-T TOOL DYNAMOMETER ซึ่งใช้สำหรับวัดแรงจากการกลึงโลหะ โดยจะวัดแรงที่กระทำต่อปลายใบมีด (Force Effected to Tool Edge) ซึ่งแรงนี้จะอธิบายด้วยแรงใน 3 ทิศทางคือ แรงในทิศทางหลัก (Main Force,F tang),แรงในทิศทางป้อนมีด(Feed Force,F feed) และแรงในทิศทางรัศมีชิ้นงาน(Thrust Force, F rad) และวิธีวัดแรงกระทำนั้นคือ การวัดค่าการเบี่ยงเบนของเส้นกราฟที่เกิดเนื่องจากแรงนั้นกระทำบนชิ้นงาน โดยใช้สเตรนเกจ (Strain Gage) ที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้า

120 โอห์ม



รูปที่ 3-2 แสดงรูปร่างของไดนาโมมิเตอร์

3.4.2 เครื่องขยายสัญญาณ (Dynamic Strain Amplifier)

เครื่องขยายสัญญาณ (Dynamic Strain Amplifier) เป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณการแปรรูปที่ส่งมาจากไดนาโมมิเตอร์ (Strain Gage Dynamometer) เพื่อขยายสัญญาณให้โตขึ้นจะได้สะดวกในการบันทึกสัญญาณนั้น

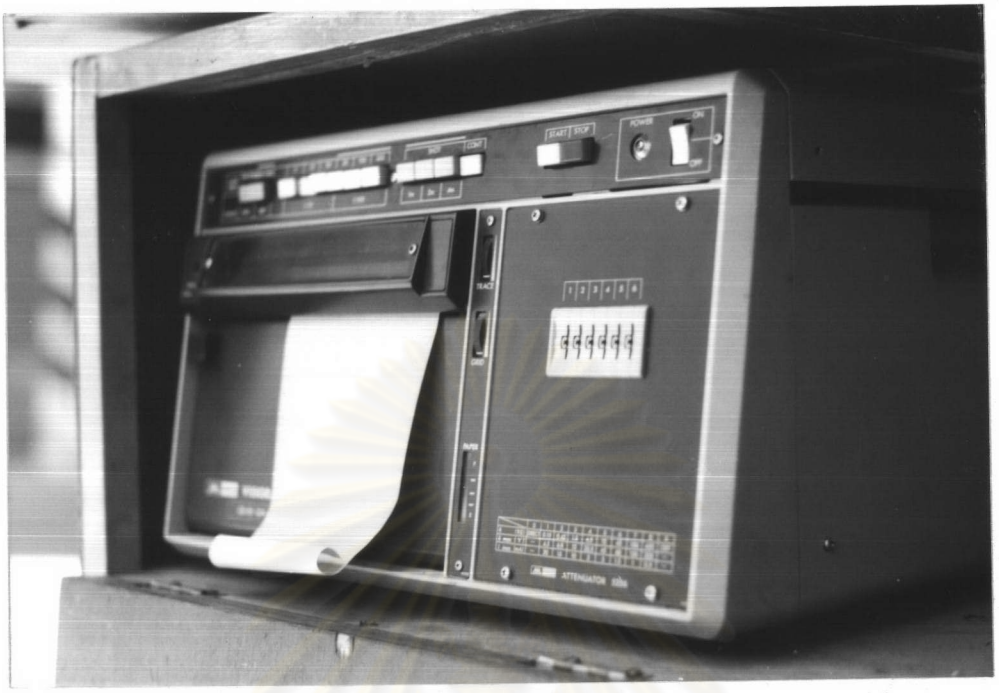
เครื่องขยายสัญญาณ (Dynamic Strain Amplifier) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นของบริษัท SAN-EI INSTRUMENT CO. MODEL 6M52

รูปที่ 3-3 แสดงรูปร่างของเครื่องขยายสัญญาณ

3.4.3 เครื่องบันทึกข้อมูล (Light-beam Oscillographs)

เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณไฟฟ้าซึ่งขยายสัญญาณแล้ว จากเครื่องขยายสัญญาณแล้วบันทึกลงบนกระดาษเคลือบน้ำยา โดยที่สัญญาณไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่ของลำแสง แล้วลำแสงนั้นจะฉายลงบนกระดาษเคลือบน้ำยา ซึ่งจะออกมาเป็นลักษณะของเส้นกราฟบนแผ่นกระดาษ โดยอาศัยลำแสงจากหลอดไฟอุลตราไวโอเลตขนาด 100 วัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-4 แสดงรูปร่างของเครื่องบันทึกข้อมูล

3.5 การปรับเทียบค่า(CALIBRATION)

การใช้ไดนาโมมิเตอร์เพื่อทำการวัดแรงจากการกลิ้งโลหะ ต้องมีแผนภูมิการปรับเทียบค่าเพื่อเปรียบเทียบค่าของแรงในการกลิ้งจากค่าการเบี่ยงเบนของเส้นกราฟที่ได้จากการวัดขณะทำการทดลอง ซึ่งแผนภูมิการปรับเทียบค่าได้จากการใส่ค่าแรงที่ทราบค่าแล้วให้กระทำลงบนใบมีดซึ่งติดอยู่กับไดนาโมมิเตอร์ ทำให้ได้สัญญาณการเบี่ยงเบนและเมื่อสัญญาณการเบี่ยงเบนนี้ผ่านการขยายสัญญาณและบันทึกเป็นกราฟแล้ว จะทำให้ทราบค่าของการเบี่ยงเบน ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงคงที่กับ ค่าของการเบี่ยงเบน(Deflection)เรียกว่า แผนภูมิการปรับเทียบค่า(Calibration Chart)

3.5.1 การสร้างแผนภูมิการปรับเทียบค่า

1. จับยึดใบมีดที่ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ด้วยสกรูจำนวนสองตัว โดยที่ใบมีดมีขนาดพอดีกับช่องจับใบมีดของไดนาโมมิเตอร์

2. ติดตั้งไดนาโมมิเตอร์กับอุปกรณ์ช่วยปรับเทียบค่า แล้วถ่วงน้ำหนักที่ปลายคานของอุปกรณ์ช่วยปรับเทียบค่า เพื่อใช้แทนแรงกระทำคงที่ (Static Load) ที่กระทำต่อไดนาโมมิเตอร์ทั้งสามทิศทาง นั่นคือแรงแต่ละแรงต้องอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับคาน นอกจากนี้ คานของอุปกรณ์ช่วยปรับเทียบค่า ต้องได้ระดับ และแท่งเหล็กกลม (Rod) ถ่ายทอดแรงต้องอยู่ในแนวดิ่ง
3. ทำการต่อวงจรอุปกรณ์วัดแรง

3.5.2 วิธีการปรับเทียบค่า(Calibrate)

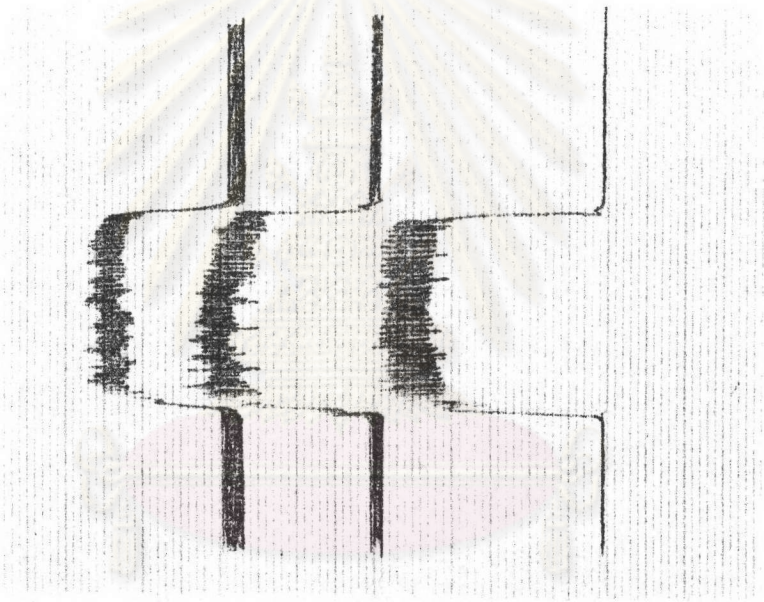
วิธีการปรับเทียบค่าคือ การใช้ตุ้มน้ำหนักขนาดต่างๆกดลงบนปลายคานของอุปกรณ์ช่วยปรับเทียบค่า ทั้งนี้แรงที่กระทำบนไดนาโมมิเตอร์ต้องไม่เกิน 1000 กิโลกรัม ซึ่งรายละเอียดของวิธีการมีดังนี้

1. ปรับปุ่ม 'Galvanometer'ของเครื่องขยายสัญญาณ(Amplifier) ให้อยู่ ตรงตำแหน่ง `E'
2. ปรับปุ่ม'Galvanometer'ของเครื่องบันทึกข้อมูล เพื่อให้ลำแสงที่ตกลงบนกระดาษกราฟ อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม
3. เลือกตุ้มน้ำหนักกดบนปลายคาน
4. กดปุ่ม'Start'ของเครื่องบันทึกข้อมูล กระดาษจะถูกป้อนผ่านลำแสง และเกิดเป็นเส้นกราฟบนกระดาษ
5. เมื่อได้ความยาวของเส้นกราฟพอสมควรแล้วจึงกดปุ่ม 'Stop' เพื่อให้ กระดาษหยุด
6. เปลี่ยนค่าของตุ้มน้ำหนัก แล้วทำซ้ำข้อ 3-5
7. เปลี่ยนค่า ATT และ CAL แล้วทำซ้ำข้อ 2-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.3 ผลการปรับเทียบค่า(Calibrate)

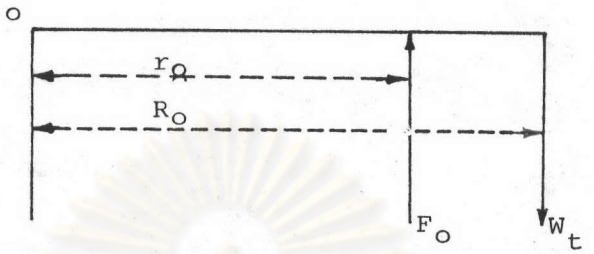
การปรับเทียบค่าเพื่อการวิจัยครั้งนี้ ได้จากการเปลี่ยนค่าตุ้มน้ำหนักจากขนาด 5 กิโลกรัม ถึง 50 กิโลกรัม ให้กระทำลงบนด้ามมีดที่ติดอยู่กับไดนาโมมิเตอร์ และเปลี่ยนค่าATT กับ CAL ของเครื่องขยายสัญญาณ (Amplifier) จนครบทุกค่า ซึ่งตัวอย่างของสัญญาณจากเครื่องบันทึก (Oscillograph) แสดงไว้ในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 แสดงลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากเครื่องบันทึก(Oscillograph)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลจากการใช้น้ำหนักกดปลายคานปรับเทียบค่า จะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงรอบจุดหมุนของคานปรับเทียบค่า (Calibration Rig) แสดงดังรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 แสดงวิธีหาค่าแรงกระทำบนไดนาโมมิเตอร์

จากรูปที่ 3-6 ผลรวมโมเมนต์ของแรงรอบจุด O เท่ากับศูนย์ นั่นคือ

$$W_t \times R_o = F_o \times r_o \qquad \text{.....(3-1)}$$

เมื่อ W_t = น้ำหนักของตุ้มน้ำหนักที่กดปลายคาน (กิโลกรัม)

R_o = ระยะจากจุดหมุนถึงปลายคาน (เซนติเมตร)

F_o = แรงกระทำบน Dynamometer (กิโลกรัม)

r_o = ระยะจากจุดหมุนถึงจุดกดบน Dynamometer (เซนติเมตร)

ดังนั้นผลการปรับเทียบค่า ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบี่ยงเบนของเส้นกราฟ (Deflection) กับค่าแรง(Force) ที่กระทำต่อใบมีด(Cutting Tool)ขณะทำการกลึง จึงได้มาโดยการวัดค่าการเบี่ยงเบนของเส้นกราฟ และคำนวณค่าแรงที่กระทำนั้นโดยใช้สมการที่ 3-1 ดังตัวอย่าง เช่น เมื่อกำหนดให้แรงคงที่กระทำในทิศทางรัศมีของชิ้นงาน(Frad) โดยใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 25 กิโลกรัม กดที่ปลายคานห่างจากจุดหมุน 44 เซนติเมตร และแรงกดบนไดนาโมมิเตอร์ห่างจากจุดหมุนเดียวกันเป็นระยะ7.5 เซนติเมตร จะพบว่าค่าความเบี่ยงเบนของเส้นกราฟมีค่า 48.3 มิลลิเมตร และคำนวณหาค่าแรงที่กดลงบนไดนาโมมิเตอร์โดยใช้สมการที่ 3-1 นั่นคือ แทนค่า

Wt = 25 กิโลกรัม

R = 44 เซนติเมตร

r = 7.5 เซนติเมตร

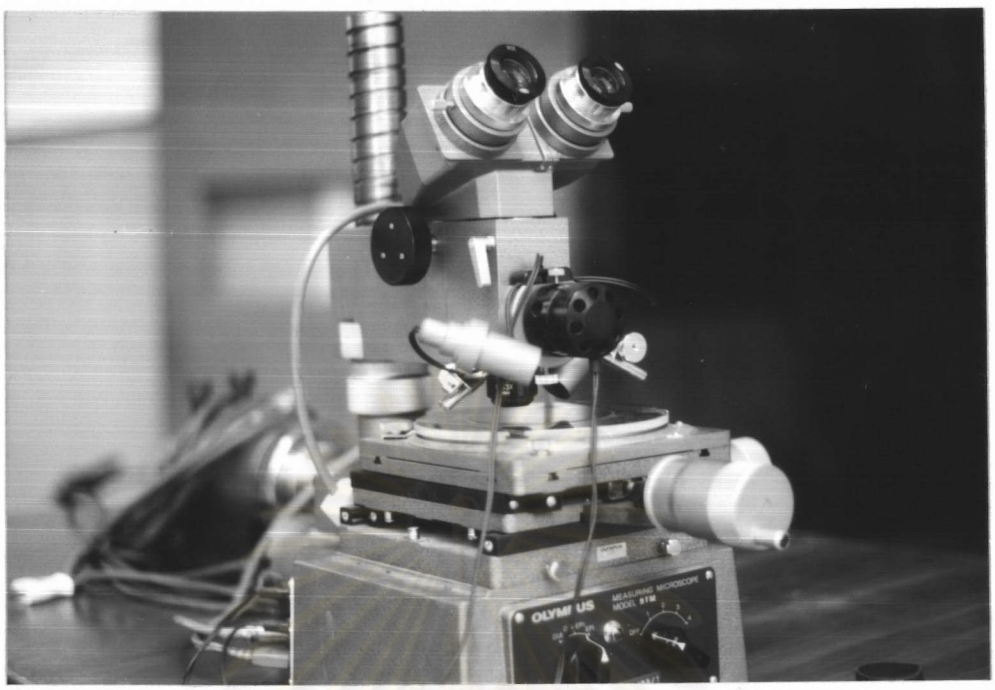
3.5.4 แผนภูมิการปรับเทียบค่า

จากผลการปรับเทียบค่านำเอาค่าแรง (FORCE) กับค่าความเบี่ยงเบนของเส้นกราฟ (Deflection) มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กราฟที่ได้เรียกว่า 'แผนภูมิการปรับเทียบค่า' (Calibration Chart)

3.6 อุปกรณ์วัดรอยสึกของใบมีด

อุปกรณ์สำหรับวัดรอยสึกของใบมีดกลึงที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ เครื่อง MEASURING MICROSCOPE รุ่น STM ของบริษัท OLYMPUS OPTICAL จำกัด มีสเกลละเอียด 0.001 มิลลิเมตร มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3-7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-7 แสดงรูปร่างของเครื่อง Measuring Microscope

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย