



4

การกัดเฟืองลักษณะพิเศษ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (BEHAVIORAL OBJECTIVES)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. บอกเทคนิคและกระบวนการกัดเฟืองเฉียงบนเครื่องกัดแนวตั้งได้
2. อธิบายขั้นตอนการกัดเฟืองเฉียงและการใช้อุปกรณ์เครื่องมือที่เหมาะสม
3. คำนวณหาตอกกัด การเอียงหัว ตั้งค่าหัวแบ่งชุดเฟืองขบวนและการทำงานได้ถูกต้องตามหลักการ
4. บอกเทคนิคและการคำนวณค่าตอกกัดในการกัดเฟืองดอกจอกได้
5. อธิบายขั้นตอนการกัดเฟืองดอกจอกและการใช้อุปกรณ์กัดเฟืองที่ถูกต้อง
6. ปฏิบัติงานกัดเฟืองเฉียงได้ตามหลักการและกระบวนการ



4

การกัดเฟืองลักษณะพิเศษ



การกัดเฟืองเฉียงบนเครื่องกัดแนวตั้ง

ช่างเครื่องมือกลที่ยังไม่มีประสบการณ์ส่วนใหญ่มักจะไม่มีเครื่องกัดแนวนอนที่เหมาะสมสำหรับการกัดเฟืองเฉียง เป็นเพราะมีราคาสูงและต้องการพื้นที่ในการติดตั้งเครื่อง อย่างไรก็ตาม สามารถกัดเฟืองเฉียงบนเครื่องกัดแนวตั้งได้ ข้อเสียเปรียบหลักอาจจะเป็นที่การตั้งค่าสำหรับการกัดเฟืองเฉียงบนเครื่องกัดในแนวตั้ง ไม่สามารถทำให้แม่นยำได้เหมือนกับเครื่องกัดในแนวนอน

เทคนิคในการกัดเฟืองเฉียงอยู่ที่การจับดอกกัดด้วยแกนเพลลาจับยึด (Arbor) ซึ่งติดตั้งอยู่ในตัวยึดบนหัวเครื่องในแนวตั้ง ดังรูปที่ 4.1 อย่างไรก็ตาม หัวเครื่องที่วางตัวในแนวตั้งสามารถปรับเอียงได้ ซึ่งการตั้งระดับความเอียงได้ของหัวเครื่อง จำเป็นมากสำหรับการกัดเฟืองเฉียง

ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกล 3

การกัดเฟืองเฉียงมีกระบวนการคล้ายกับการกัดเฟืองตรง ยกเว้นข้อแตกต่างบางประการดังนี้

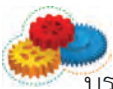
1. ในขณะที่เฟืองกำลังถูกกัด โต๊ะงานจะเคลื่อนที่ได้ โดยการหมุนแขนหมุนเข้าไปยังโต๊ะงาน การหมุนแขนหมุนยังไปหมุนหัวแบ่ง (Dividing Head) อีกด้วย
2. ดอกกัดเฉียงทำมุมกับแกนของชิ้นงานซึ่งผิวหน้าของมันจะถูกกัด
3. ประเภทของดอกกัดที่ใช้จะเป็นแบบเดียวกับการกัดเฟืองตรง แต่เลือกนำมาใช้งานกัดเฟืองเฉียงเพียงดอกเดียว



รูปที่ 4.1 การจับดอกกัดด้วยแกนเพลลาจับยึด ซึ่งติดตั้งอยู่ในตัวยึดบนหัวเครื่องในแนวตั้ง

ดอกกัดเฟืองเฉียง

ดอกกัด (Cutter) ที่จะใช้กัดเฟืองเฉียงจะใช้แบบบราวน์แอนด์ชาร์ปมาตรฐานทั่วไป (Standard Brown and Sharp) ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.3 ดอกกัดแบบบราวน์แอนด์ชาร์ปที่ใช้ในตัวอย่าง



รูปที่ 4.2 ดอกกัดแบบบราวน์แอนด์ชาร์ปมาตรฐาน

รายละเอียดที่จะอธิบายตัวอย่างในลำดับต่อไป จะใช้ดอกกัด ดังรูปที่ 4.3 เพื่อกัดเฟืองเฉียงปากเดียว ซึ่งมีมุมอัด (Pressure Angle) 20 องศา และมีจำนวนฟันในช่วงระหว่าง 26 ถึง 34

ดอกกัดที่เลือกมาใช้งานนี้ ด้านหนึ่งมีสัญลักษณ์ระบุไว้ว่า “D + F 0.085” โดยที่ D หมายถึง ความลึกของการกัด และ F หมายถึงระยะห่างระหว่างฟัน (Clearance)

วิธีการเลือกดอกกัด

การกัดเฟืองเฉียงจำนวน N' ฟัน ดอกกัดที่นำมาใช้จะเป็นดอกกัดที่ใช้สำหรับกัดเฟืองตรงจำนวน

$$N' \text{ ฟัน โดยที่ } N' = \frac{N}{(\cos\theta)^3}$$

โดยที่ θ = มุมเอียงของเฟือง

ตัวอย่างเช่น หากต้องการกัดเฟืองเฉียงจำนวน 30 ฟัน โดยมีมุมเอียง $17^{\circ}45'$ (อ่านว่า 17 องศา 45 นาที โดย 1 องศาเท่ากับ 60 นาที หรือ 3,600 วินาที) ดังนั้น $\cos(17^{\circ}45')$ มีค่าเป็น 0.9524 ซึ่งเมื่อยกกำลังสามจะได้เป็น 0.8639 จึงสามารถคำนวณดอกกัดที่ใช้สำหรับกัดเฟืองตรงจำนวน N' ฟันได้ ดังนี้

$$N' = \frac{30}{0.8639} = 34.72$$

ดังนั้น จะใช้ดอกกัดสำหรับกัดเฟืองตรงเบอร์ 4 ซึ่งมีจำนวนฟัน 34 ฟัน

สังเกตได้ว่า จำนวนฟันของดอกกัดที่ใช้จะมีขนาดใหญ่กว่าเบอร์ที่มี (จากตัวอย่างข้างต้น จำนวนฟันที่จะต้องกัดคือ 34.72 แต่ดอกกัดเบอร์ 4 ซึ่งมีจำนวนฟันเพียง 34 ฟัน) สำหรับการกัดเฟืองตรง จำนวนฟันน้อยที่สุดที่จะกัดได้คือ 12 จากการใช้ดอกกัดเบอร์ 1 ซึ่งก็หมายความว่ามันเป็นไปได้ที่จะกัดเฟืองเฉียงด้วยจำนวนฟันที่น้อยกว่านี้

ลักษณะในการเอียงหัวเครื่อง

หัวเครื่องกัดแนวตั้งสามารถเอียงทำมุมให้เหมาะสมกับมุมในการกัดเฟืองเฉียง หัวเครื่องกัดอาจจะอยู่ด้านหน้าหรือด้านหลังชิ้นงานที่จะกัดก็ได้ นอกจากนี้ ยังเอียงไปด้านซ้ายหรือขวาก็ได้ หัวกัดยังสามารถหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้

ความสูงของโต๊ะงาน

ความสูง ณ ศูนย์กลางของชิ้นงานจะอยู่ที่ความสูง ณ ศูนย์กลางของดอกกัดซึ่งได้เอียงทำมุมไว้แล้ว วิธีการจัดการเพื่อให้เป็นไปตามที่กล่าวมา กระทำได้โดยไม่สนใจว่าความสูงของโต๊ะงานเป็นเท่าใด แต่ให้วัดระยะด้านบนของดอกกัดด้วยเกจวัดความสูง (High Gauge) ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งหากเป็นการวัดด้านบนไม่ต้องพิจารณาความหนาของก้านวัด



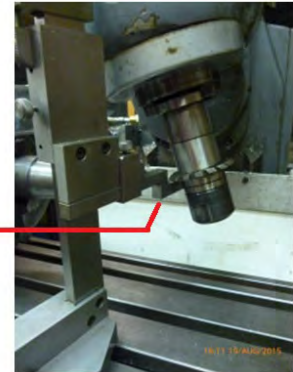
ความหนาของก้านวัด
คือ ค่าที่ยอมให้ได้



รูปที่ 4.4 การวัดความสูงด้านบนของดอกกัด

จากนั้นให้วัดระยะด้านล่างของดอกกัด ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งต้องพิจารณาค่าที่ยอมให้ได้ด้วย ในที่นี้คือ ความหนาของก้านวัดสำหรับตัวอย่างนี้ วัดได้ 10.86 มม. (ในความเป็นจริงจะแตกต่างกันไปตามเครื่องมือที่ใช้)

ผลต่างระหว่างระยะด้านบนและด้านล่างหารด้วยสองคือ ระยะความสูงของขอบบนเหนือความสูง ณ ศูนย์กลางของหัวแบ่ง สำหรับตัวอย่างนี้วัดได้ 110 มม. ดังนั้น จึงสามารถปรับความสูงของโต๊ะงานให้เหมาะสมได้ โดยระยะของดอกกัดด้านบนเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงของดอกกัด บวกเพิ่มไปอีก 110 มม. ให้ปรับโต๊ะงานขึ้นหรือลงจนกระทั่งความสูง ณ ศูนย์กลางของหัวแบ่งอยู่ที่ระยะกึ่งกลางของดอกกัด



พิจารณาความหนา
ของก้านวัดด้วย



รูปที่ 4.4 การวัดระยะด้านล่าง
ของดอกกัด

ชิ้นงาน

ชิ้นงานจะถูกยึดไว้ด้วยแมนเดรล แกนเพลลาจับยึด หรือหัวแทนกับท้ายแทนก็ได้ ดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 ไม่ว่าจะยึดไว้ด้วยวิธีใดก็ตาม จุดประสงค์ก็เพื่อให้แน่ใจว่าชิ้นงานถูกยึดแบบร่วมศูนย์กลาง (Concentric) เพื่อไม่ให้เกิดการเบี้ยวขณะกัดเฟือง ทางเลือกอีกทางคือ การสร้างชิ้นงานโดยตรงจากเครื่องกลึงร่วมกับเครื่องกัด โดยให้แท่งเหล็กกลมหมุนอยู่บนเครื่องกลึง จากนั้นยึดไว้ด้วยปากจับแบบ 4 ปาก (Four Jaw Chuck) บนหัวแบ่ง

ขั้นตอนแรก คือ การใช้เครื่องกลึงทำการกลึงปอกแหงกลมให้มีขนาดลดลงจนเหลือเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก (Outside Diameter, OD) ของเฟืองที่จะตัด ดังรูปที่ 4.6 หากไม่ต้องการคำนวณค่าขนาดต่าง ๆ ของเฟือง (ซึ่งค่อนข้างซับซ้อน) อาจจะหลีกเลี่ยงได้ โดยการใช้ค่าจากแคตตาล็อกของเฟืองเลยก็ได้ ยกตัวอย่างเช่น สมมติว่า ต้องการกัดเฟืองที่นำไปขับเฟืองลักษณะเดียวกัน โดยแกนของเฟืองขับและเฟืองตามขนานกัน เฟืองมีจำนวน 30 ฟัน และมูมอด 20 องศา ขนาดของฟันปากเดียว

ค่าที่เปิดดูจากแคตตาล็อกจะมีอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งมีขนาดมูมเอียง 17 องศา 45 นาที ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิทช์ (Pitch Circle Diameter, PCD) เป็น 31.5 มม. และเส้นผ่านศูนย์กลางนอกเป็น 33.5 มม.



รูปที่ 4.6 การกลึงปอกเพื่อให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกของเฟือง

ขั้นตอนต่อมาคือ การเจาะและคว้านรูศูนย์กลาง สังเกตได้ว่า แม้ชิ้นงานไม่ได้อยู่ในแนวศูนย์กลางที่ตรงนักในหัวจับ แต่ยังคงไม่มีปัญหาใด ๆ เพราะขณะทำการกลึง ชิ้นงานซึ่งถูกยึดไว้ด้วยหัวจับสี่ปาก จะปรับเข้าหาศูนย์กลางเอง

การตั้งค่าหัวแบ่ง

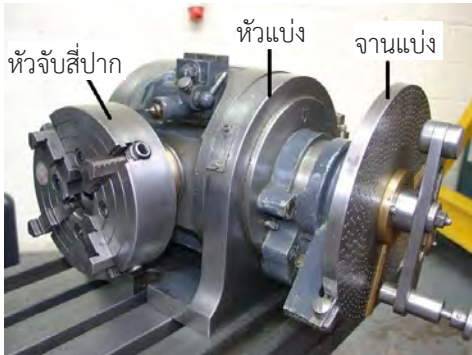
หัวแบ่งจะถูกติดตั้งบนโต๊ะงาน ดังนั้น แกนของมันจะขนานกับโต๊ะงานทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ถ้ามีการใช้ศูนย์ท้ายแทน การติดตั้งต้องทำให้ชิ้นงาน (หรืออื่น ๆ) ขนานทั้งแนวนอนและแนวตั้งด้วยเช่นกัน

ถ้ามีการใช้แกนเพลาลับยึดหรือชิ้นงานถูกตัดมาเป็นแผ่นกลมแล้ว การติดตั้งต้องทำให้ชิ้นงานอยู่ในแนวศูนย์กลางในหัวจับสี่ปากบนหัวแบ่ง

หัวแบ่งถูกตั้งค่าไว้เพื่อแบ่งวงรอบของชิ้นงานสำหรับกัดฟันเฟืองให้ได้ตามจำนวนที่ต้องการ กระบวนการทั้งหมดเริ่มต้นด้วยการใส่สลักลงไปในตัวแบ่ง ซึ่งเป็นการกำหนดตำแหน่งรูที่ศูนย์ (Hole Zero) จะเป็นตรงไหนก็ได้บนหัวแบ่ง

ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกล 3

ชิ้นงานถูกยึดไว้บนหัวจับสี่ปากบนหัวแบ่ง ดังรูปที่ 4.7 เมื่อทำการกรึงแล้ว ชิ้นงานจะเข้าสู่แนวศูนย์กลางได้ใกล้ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สามารถวัดค่าความเป็นศูนย์กลางได้โดยการใช้เกจหน้าปัด (Dial Gauge) วัดดังรูปที่ 4.8 ซึ่งค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้โดยทั่วไปจะอยู่ที่ 0.1 มม. หมายความว่าพื้นของเฟืองด้านหนึ่งจะมีขนาดใหญ่เกินไป 0.1 มม. ขณะที่อีกด้านหนึ่งจะเล็กไป 0.1 มม. ซึ่งถ้าพื้นที่กัที่มีขนาดเล็กอาจจะทำให้เฟืองนั้นใช้งานไม่ได้



รูปที่ 4.7 หัวจับสี่ปากบนหัวแบ่ง



รูปที่ 4.8 การวัดแนวศูนย์กลางในการกัดเฟืองเฉียง

ชุดเฟืองขบวน

สกรูส่งกำลัง (Leadscrew) ที่ถูกเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ช่วยการทำงาน (Auxiliary Input) ที่อยู่บนหัวแบ่ง รับการส่งกำลังผ่านชุดเฟืองขบวน สกรูส่งกำลังถูกขับเคลื่อนให้หมุนได้ทั้งมอเตอร์และแรงมือ อัตราทดเฟืองคำนวณได้จากระยะนำ ซึ่งระยะนำ (Lead) คำนวณได้จากมุมเอียงและเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ของเฟืองที่จะผลิต

ในการหาค่าระยะนำสำหรับมุมเอียงของฟัน ได้จากการคูณเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ด้วย π แล้วหารด้วยค่า Tangent ของมุมเอียง กล่าวคือ

$$\text{lead} = \frac{\text{PCD} \times \pi}{\tan(\theta)}$$

- โดยที่
- lead = ระยะนำ
 - PCD = เส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์
 - π = $22/7 \approx 3.142$
 - θ = มุมเอียงของเฟือง

จากข้อมูลที่ผ่านมา เมื่อ $\theta = 17^{\circ}45''$ และ $\text{PCD} = 31.5$ มม. จะได้

$$\text{lead} = 31.5 \times 3.142 / 0.3201 = 309.2 \text{ มม.}$$

นั่นหมายความว่า เมื่อชิ้นงานหมุนครบ 1 รอบ โต๊ะงานต้องเคลื่อนที่ไปได้ระยะ 309.2 มม.

โดยปกติ เมื่อขึ้นงานหมุนครบ 1 รอบ อุปกรณ์ช่วยการทำงานต้องหมุน 40 รอบ และตามข้อมูลประจำเครื่องกัดที่ใช้งานโดยทั่วไป จะใช้สกรูส่งกำลังที่มีระยะพิตซ์ 5 มม. ดังนั้น ในการหมุนสกรูส่งกำลัง 1 รอบ โต้ะงานจะเคลื่อนที่ไป 5 มม.

จำนวนรอบในการหมุนของสกรูส่งกำลังที่จำเป็นเพื่อให้เกิดระยะเคลื่อนที่ที่ต้องการหาได้จากการหาร ระยะเคลื่อนที่ที่ต้องการด้วยระยะพิตซ์ของสกรูส่งกำลัง

ดังนั้น จำนวนรอบในการหมุนของสกรูส่งกำลัง = ระยะเคลื่อนที่ที่ต้องการ/ระยะพิตซ์ของสกรูส่งกำลัง = $309.2/5$

ซึ่งจำนวนรอบในการหมุนของสกรูส่งกำลัง ต้องไปหมุนอุปกรณ์ช่วยการทำงาน 40 รอบ คือ อัตราทดของเฟืองขบวนที่ต้องการ

ดังนั้น อัตราทดของเฟืองขบวน R = $(309.2/5)/40 = 1.546$

ชุดเฟืองที่ใช้เปลี่ยน มีจำนวนฟัน 100, 86, 64 และ 48 จะเห็นว่า ด้วยอัตราทดของเฟืองประมาณ 1.5 นี้ หมายความว่า สกรูส่งกำลังหมุน 60 รอบเพื่อทำให้อุปกรณ์ช่วยทำงานหมุน 40 รอบ ดังนั้น ทางเลือกที่ดีที่สุดคือ เลือกเฟืองขนาด 48 ฟัน ติดไว้กับสกรูส่งกำลัง และใช้เฟือง 100 ฟันติดไว้บนอุปกรณ์ช่วยทำงาน ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ขบวนเฟืองสำหรับกัดเฟืองเฉียง



รูปที่ 4.10 การประกอบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการกัดเฟืองเฉียง

การกัดเฟือง

หลังจากการคำนวณค่าต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว ให้ประกอบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.10

ควมมีศิลป์ในการกัดเฟือง คือ การกัดฟันเฟืองให้แข็งแรง ไม่เกิดการติดขัดระหว่างกระบวนการกัด กัดฟันเฟืองได้อย่างต่อเนื่องโดยปราศจากการหยุด ตั้งแต่ฟันแรกจนฟันสุดท้าย