

การออกแบบและสร้างต้นแบบฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ้น

Design and Development a Fixture Prototype of Lathe Machine for Keyway Milling

เสาวลักษณ์ ทองกลั่น

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก 65000 Email: saowalak1@hotmail.com

บทคัดย่อ – การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างต้นแบบฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ้นบนเพลลา ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เพิ่มความสามารถให้กับเครื่องกลึง (Universal lathe machine) โดยสามารถกัดร่องลิ้นบนเพลลากลมได้ ให้กับสถานประกอบการซ่อมเครื่องจักรกลทางการเกษตรขนาดเล็ก ในการทดลองได้ติดตั้งต้นแบบฟิกซ์เจอร์นี้บนป้อมมีดของเครื่องกลึงยี่ห้อ MASHSTROY รุ่น C11MT เพื่อจับยึดชิ้นงานเพลลาตัวอย่างแล้วทำการกัดร่องลิ้นขึ้นงานเพลลาตัวอย่างนั้น โดยใช้ดอกกัด End mill ขนาด 8 mm แล้ววัดขนาดร่องลิ้นขึ้นงานเพลลาตัวอย่างเทียบกับค่าพิกัดเผื่อสำหรับร่องลิ้นขัดแบบแบ่งตามมาตรฐาน DIN 6885-1(1968-08) แบบ A และงานสวมตามระบบ DIN ISO 286-2(1990-1)N9 พบว่าค่าเฉลี่ยของขนาดร่องลิ้นขึ้นงานเพลลาตัวอย่าง มีค่าความกว้าง b , ความลึก t_l และความยาว l คลาดเคลื่อนจากช่วงค่าพิกัดเผื่ออยู่ที่ +0.118, -0.056 และ 0.000 mm ตามลำดับ โดยต้นทุนรวมทั้งหมดของต้นแบบฟิกซ์เจอร์นี้อยู่ที่ 11,532 บาท จะต้องกัดร่องลิ้นขึ้นงาน 77 หน่วยขึ้นงาน จึงจะคุ้มทุนและใช้ระยะเวลาขึ้นงานประมาณ 45 วัน

คำสำคัญ – ฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึง ร่องลิ้นขัดแบบแบ่งตามมาตรฐาน DIN 6885-1(1968-08) แบบ A งานสวมตามระบบ DIN ISO 286-2(1990-1)N9 การกัด ค่าพิกัดเผื่อ

Abstract – This research aims to design and create a fixture prototype of lathe machine for producing keyways on shaft, a tool that can enhance capabilities of the universal lathe machine. It can mill keyways on the solid shaft so that it is beneficial for establishments of small-sized agricultural machine repair. In this experiment, the fixture prototype was installed on

the tool post of MASHSTROY Lathe, version C11MT to clamp the shaft model. Then, the keyway was milled on the shaft model by using End mill sized 8 mm and measure the keyway the shaft model to compare with the coordinates to reserve for the keyway in type of tolerance standard bar DIN 6885-1(1968-08) type A and fit work according to the system DIN ISO 286-2(1990-1)N9. It can be found that the average size of the polished keyway on the shaft model had its width = b , depth = t_l and length = l that deviated from the range of reserved coordinates at +0.118, -0.056 and 0.000 mm, respectively. The total cost of the fixture prototype was at 11,532 baht so that it required milling the polished keyway totally 77 units to break the even point and time for breaking the even point around 45 days.

Keywords – fixture on lathe machine, keyways, DIN 6885-1(1968-08) A, DIN ISO 286-2(1990-1)N9, milling, tolerance

1. บทนำ

ฟิกซ์เจอร์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการผลิต มีหน้าที่กำหนดตำแหน่งหรือรองรับชิ้นงาน พร้อมทั้งจับยึดชิ้นงานให้อยู่กับที่ในขณะที่ชิ้นงานถูกกระทำโดยเครื่องจักร Makwana และ Gosvami [1] ได้พบว่ามีขั้นตอนและวิธีการในการออกแบบหลากหลายเพื่อการออกแบบฟิกซ์เจอร์ แต่วิธีที่พิจารณาทางรูปทรงเรขาคณิต (หลักการ 3-2-1) จะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบฟิกซ์เจอร์ และใช้เป็นหลักการพื้นฐานในการกำหนดตำแหน่งและการจับยึด, Maniar และคณะ [2] ได้ทำการ

ออกแบบ Milling fixture และมีการคำนวณหา Clamping force จากข้อมูลของเครื่องกัด มีการออกแบบฟิกซ์เจอร์ 2D และ 3D ด้วยโปรแกรม Pro/Engineer ช่วยออกแบบชิ้นส่วนของการกำหนดตำแหน่งและการจับยึด, Kumara และ Ram [3] ได้ปรับปรุงการออกแบบและสร้างฟิกซ์เจอร์ สำหรับจับยึด Brake drum (Cargo) บนหัวจับของเครื่องกลึง โดยการปรับปรุงการกำหนดตำแหน่งและการจับยึดใหม่ พบว่าฟิกซ์เจอร์แบบใหม่เป็นแบบที่ง่ายต่อการใช้งานและสามารถจับยึดให้ดีกว่าแบบเก่า, Zacharia และ Steve [4] ได้มีการเลือกการออกแบบฟิกซ์เจอร์เพื่อยึดจับตัวนำทางการทำงานของเครื่องมือ (Guide way) บนแท่นเครื่องกลึง CNC แบบเอียง 30° (Slant bed CNC lathe) สามารถจับชิ้นงานได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 mm และความยาว 2000 mm โดยฟิกซ์เจอร์ที่ออกแบบนี้มีลักษณะรูปร่างแบบ Angle block จะต้องสามารถใช้กับงาน Milling, Grinding และ Assembly ได้ โดยการออกแบบโครงสร้างของฟิกซ์เจอร์มีการคำนวณหา Cutting force และ Clamping force รูปร่างฟิกซ์เจอร์ที่ออกแบบนี้มีทั้งหมด 3 แนวคิด แยกเป็น 2 แนวคิดแรกใช้โลหะผสมที่ทางบริษัทแนะนำ และอีก 1 แนวคิดจะเป็นการสร้างโดยเหล็กหล่อ ในการเลือกว่าแนวคิดไหนที่มีโครงสร้างฟิกซ์เจอร์ที่เหมาะสมนี้ใช้โปรแกรม Catia V5 ในการออกแบบ 3D และวิเคราะห์ถึงโครงสร้างที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม Solid work 2013 พบว่าโครงสร้างของฟิกซ์เจอร์มีหนึ่งแนวคิดที่ใช้โลหะผสมของทางบริษัทเหมาะสมที่สุดและต้นทุนต่ำ

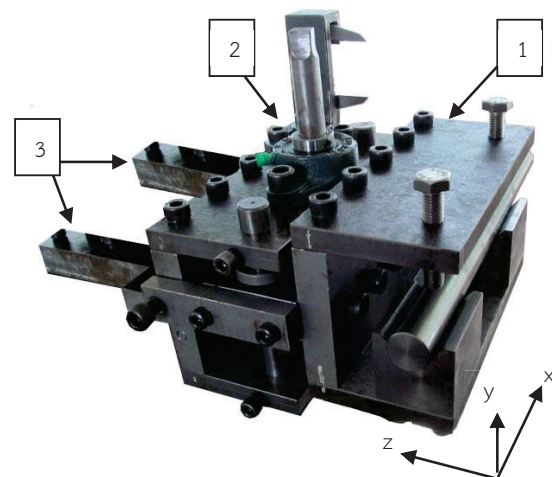
ปัจจุบันในประเทศไทยบางสถานประกอบการเป็นผู้อบรมเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่มีเครื่องกลึงใช้งาน แต่ยังคงเครื่องกัด (Milling machine) หรือเครื่องไส (Sharpening machine) เพื่องานทำร่องลึมนเพลลา ในขณะที่งานกลึงบางงานจำเป็นต้องมีการทำร่องลึมนเพลลา ซึ่งร่องลึมนส่วนใหญ่ของเครื่องจักรกลทางการเกษตรจะเป็นลึมนขีด ถ้าเทียบขนาดของร่องลึมนนี้จะสามารถอ้างอิงได้ตามมาตรฐาน DIN 6885-1 (1968-08) แบบ A โดยเฉลี่ยจะมีงานทำร่องลึมนเพลลา 50 ชิ้นต่อเดือน หลังกระบวนการทำร่องลึมนจะเป็นลักษณะงานประเภทซ่อมบำรุงเครื่องจักรตามลูกค้าสั่งทำ มีใช้การผลิตปริมาณมากที่จะลงทุนซื้อเครื่องกัดได้โดยตรง จึงทำให้สถานประกอบการจำเป็นต้องส่งชิ้นงานที่ต้องการทำร่องลึมนดังกล่าวให้สถานประกอบการอื่นๆ ที่มีเครื่องกัดหรือเครื่องไสรับช่วงงานทำร่องลึมน ซึ่งเป็นการสูญเสียค่าใช้จ่ายรวมถึงโอกาสรับงาน และรายได้ที่ควรจะได้รับเมื่อลูกค้าบางรายหันไปใช้บริการสถานประกอบการที่มีเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ครบครันกว่า อีกทั้งสถานประกอบการที่ไม่มีเครื่องกัดหรือเครื่องไสก็ไม่สามารถส่งซื้อเครื่องจักรดังกล่าวได้เนื่องจากมีราคาสูง

ดังนั้นทางผู้ดำเนินงานวิจัยจึงเห็นว่าควรศึกษา ออกแบบ และสร้างต้นแบบฟิกซ์เจอร์ สำหรับติดตั้งบนเครื่องกลึง เพื่อเป็น

อุปกรณ์ที่ช่วยให้สามารถทำงานกัดร่องลึมนเพลลาได้ เนื่องจากเครื่องกลึง และเครื่องกัดมีคุณสมบัติด้านความเร็วรอบและกำลังของเครื่องจักรค่อนข้างใกล้เคียงกัน อีกทั้งเป็นการเพิ่มศักยภาพให้กับเครื่องกลึงที่มีอยู่ ให้สามารถทำงานทดแทนเครื่องกัดได้ ในกรณีงานทำร่องลึมนเพลลา

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

ต้นแบบฟิกซ์เจอร์สำหรับงานกัดร่องลึมนเพลลาเครื่องกลึงดังรูปที่ 1 ได้มีการออกแบบ 3 ส่วนประกอบด้วยกันคือ



รูปที่ 1 ต้นแบบฟิกซ์เจอร์สำหรับงานกัดร่องลึมนเพลลาเครื่องกลึงยี่ห้อ MASHSTROY รุ่น C11MT

ส่วนที่ 1 ระบบจับยึดชิ้นงาน

ส่วนที่ 2 ระบบปรับตั้งระยะแนวแกน y และ

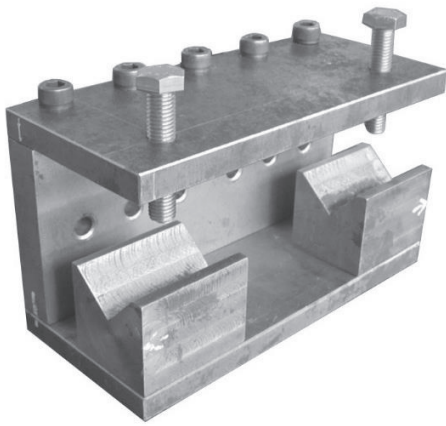
ส่วนที่ 3 ชุดติดตั้งฟิกเจอร์สำหรับเครื่องกลึง

2.1 ออกแบบระบบจับยึดชิ้นงาน

ออกแบบระบบการจับยึดชิ้นงานเพื่อรองรับชิ้นงานเพลลากลม ซึ่งในการออกแบบได้เลือกใช้ V-block [5] ดังรูปที่ 2 ในการรองรับและจำกัดการเคลื่อนที่ของชิ้นงานเพลลากลม โดยการล็อกใช้สลักเกลียวบีบอัด และการออกแบบระบบการจับยึดชิ้นงานยังต้องมีรูปร่างสอดคล้องกับระบบการตั้งระยะในแนวแกน y หรือแนวตั้ง

ข้อจำกัดของระบบการจับยึดชิ้นงาน

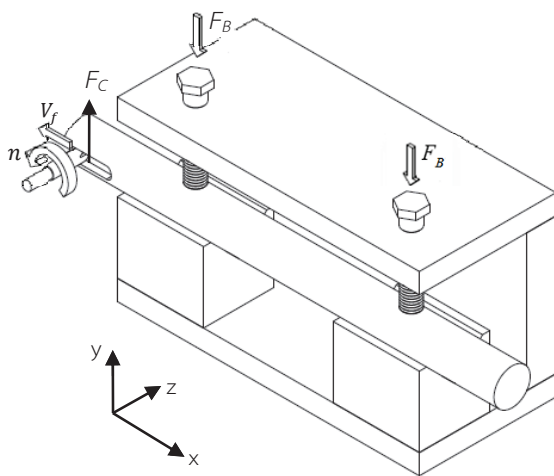
- รองรับชิ้นงานเพลลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 40 mm
- รองรับชิ้นงานที่มีความยาวชิ้นงานไม่เกิน 400 mm
- สามารถใช้ได้กับดอกกัดขนาดเล็กสุด 7 mm และโตสุด 20 mm



รูปที่ 2 แสดงระบบจับยึดชิ้นงาน

2.1.1 การคำนวณแรงตัด (Cutting forces)

ในงานกัด แรงตัดจะแตกต่างจากงานกลึง ตรงที่ดอกกัดจะหมุนและมีจำนวนของคมตัด [4] การวิจัยนี้จะติดตั้งดอกกัด End mill ขนาด 8 mm ไว้ที่หัวจับของเครื่องกลึงยี่ห้อ MASHSTROY รุ่น C11MT และนำต้นแบบฟิกซ์เจอร์ติดตั้งบนป้อมมิต โดยทำการจับยึดชิ้นงานตัวอย่างเป็นเพลลาเพื่อทดสอบกับเครื่องลึงรูปที่ 3 ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณหาแรงตัดซึ่งเกิดจากการกัดร่องลึงนี้ โดยใช้สมการดังนี้ [6 หน้า 276]



รูปที่ 3 แสดงการออกแบบระบบการจับยึดและกระบวนการตัด

ความเร็วตัด

$$V_c = \pi D n / 1000 \quad (1)$$

ความเร็วป้อน

$$V_f = f_z \times Z \times n \quad (2)$$

ความหนาของเศษ

$$h \approx 0.9 \times f_z \quad (3)$$

มุมตัด

$$\sin \frac{\varphi_s}{2} = \frac{a_e}{D} \quad (4)$$

จำนวนคมในช่วงตัด

$$Z_e = \frac{\varphi_s \times Z}{360^\circ} \quad (5)$$

พื้นที่หน้าตัดของเศษ

$$A = a_p \times h \times Z_e \quad (6)$$

แรงตัด

$$F_c = A \times k_c \quad (7)$$

โดยที่

F_c แรงตัด (N)

V_c ความเร็วตัด (mm/min)

V_f ความเร็วป้อน (mm/min)

h ความหนาของเศษ (mm)

Z_e จำนวนคมในช่วงตัด

A พื้นที่หน้าตัดของเศษ (mm²)

D เส้นผ่านศูนย์กลางของดอกกัด (mm)

n ความเร็วรอบ (rpm)

f_z ระยะป้อนต่อคมตัด (mm)

Z จำนวนคมตัด

φ_s มุมระหว่างคมตัดเดินเข้าและเดินออก

a_e ความกว้างของคมตัดที่กินเศษ (mm)

a_p ระยะตัดลึก (mm)

k_c แรงตัดจำเพาะ ($k_c = k \times C_1 \times C_2$) [6 หน้า 274]

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทดลองในการวิจัยคือ

วัสดุชิ้นงานตัวอย่างเป็นเหล็กเพลลา C45 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 mm

เส้นผ่านศูนย์กลางของดอกกัด End mill (D) : 8 mm

จำนวนคมตัด (Z) : 4

ความกว้างของคมตัดที่กินเศษ (a_e) : 8 mm

ระยะตัดลึก (a_p) : 4 mm

ความเร็วรอบ (n) : 1400 rpm

ระยะป้อนต่อคม (f_z) : 0.013-0.11 mm [6 หน้า 282]

เมื่อแทนค่าต่างๆ ไปในสมการที่ (1) ถึง (7) จะได้แรงตัดที่เกิดขึ้นจากการกัดร่องลึงสำหรับชิ้นงานตัวอย่างนี้คือ 56.719 - 479.927 N

2.1.2 แรงที่ใช้ในการจับยึดจากสกรู (Clamping force)

ในการออกแบบใช้สกรู M12 จำนวน 2 ตัว แต่ละตัวมีแรงใช้งาน F_b จากสลักเกลียว หรือเป็นแรงที่ใช้ในการจับยึดจากสกรู อยู่ที่ 6.3 kN [6 หน้า 204] ซึ่งเป็นค่าของการรับแรงแบบ Dynamic ที่เกรดความแข็งแรงต่ำสุด ดังนั้นสกรู M12 นี้จึง

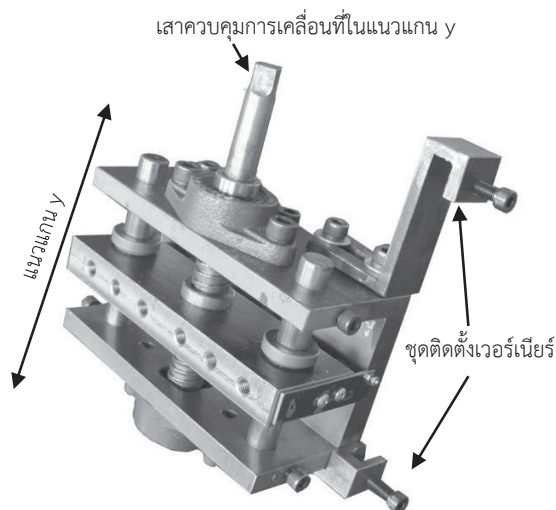
สามารถต้านทานแรงตัดจากการกัดร่องลิ้นสำหรับชิ้นงานตัวอย่าง
ขนาด 56.719 - 479.927 N ได้

2.2 ออกแบบระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน y หรือแนวตั้ง

ออกแบบระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน y ดังรูปที่ 4 เพื่อให้สามารถปรับระยะขึ้นลงในแนวแกน y โดยมีการออกแบบใช้เสาเพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวแกน y ซึ่งการเคลื่อนที่จะถูกกำหนดโดยเกลียว เพื่อให้สามารถรู้ถึงระยะขึ้นลงจึงได้ทำการออกแบบการติดตั้งเวอร์เนียร์แบบดิจิตอลที่มีความละเอียด 0.01 mm เพื่อสะดวกต่อการปรับตั้งระยะในแนวแกน y ในการออกแบบระบบของการปรับตั้งระยะในแนวแกน y ยังต้องมีรูปทรงสอดคล้องกันกับชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์กับเครื่องกลึงและต้องสามารถประกอบเข้ากับระบบการจับยึดชิ้นงานได้

ข้อจำกัดของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน y

- สามารถปรับขึ้น-ลงได้ไม่เกิน 57 mm



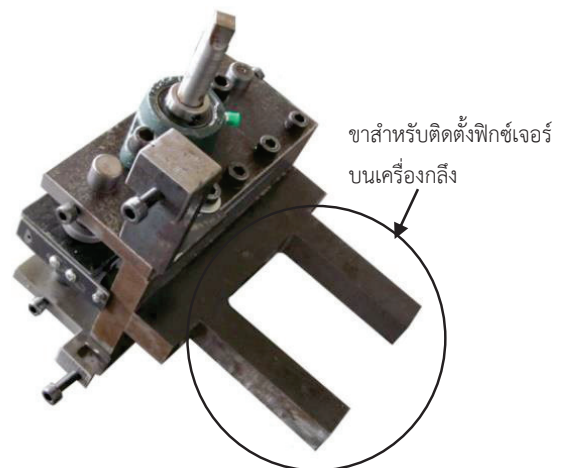
รูปที่ 4 ระบบของการปรับตั้งระยะในแนวแกน y

2.3 ออกแบบชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์สำหรับเครื่องกลึง

ออกแบบชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ ในการออกแบบในส่วนนี้จะต้องออกแบบให้สามารถติดตั้งกับส่วนป้อมมีดของเครื่องกลึงได้ โดยการออกแบบได้คำนึงถึงการประกอบกับส่วนของระบบปรับตั้งระยะในแนวแกน y ได้

ข้อจำกัดของชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์สำหรับเครื่องกลึง

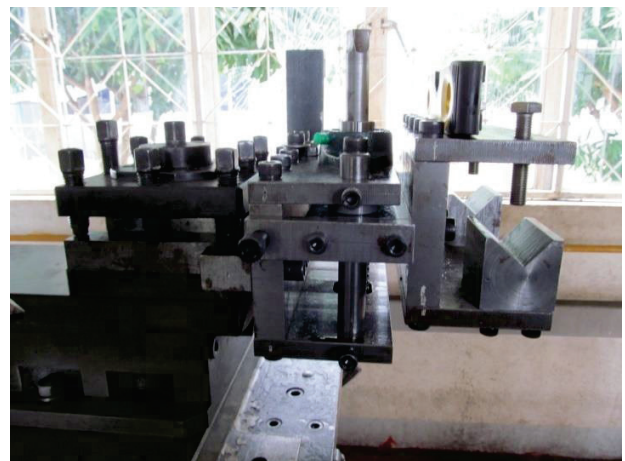
- ไม่สามารถใช้ได้กับป้อมมีดที่มีขนาดนอกเหนือจากเครื่องทดสอบ



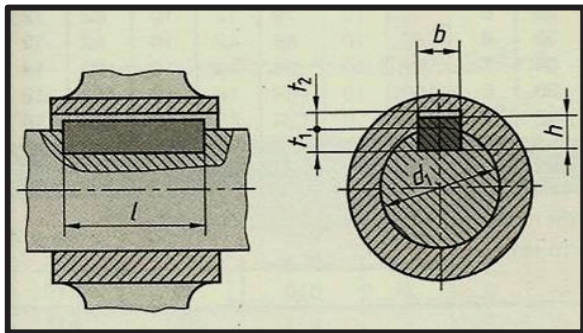
รูปที่ 5 ชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์บนเครื่องกลึง

3. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

จากการทดลองใช้ฟิกซ์เจอร์ติดตั้งบนเครื่องกลึงดังรูปที่ 6 และจับยึดชิ้นงานเพลาดตัวอย่าง เพื่อทดสอบกับร่องลิ้นชนิดแบบแท่ง DIN 6885-A-8x7x40 บนชิ้นงานเพลาดตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 mm จำนวน 10 ชิ้น จับยึดด้วยฟิกซ์เจอร์ที่ติดตั้งบนป้อมมีดและทดสอบกัด แล้วได้ดำเนินการวัดค่าขนาดความกว้าง b ค่าความลึก t_l และความยาว l ของร่องลิ้นชนิดนี้โดยใช้เวอร์เนียร์แบบดิจิตอลที่มีความละเอียด 0.01 mm และเทียบค่าตามมาตรฐาน DIN 6885-1 (1968-08) แบบ A [6 หน้า 221] ดังรูปที่ 7 และได้ค่าดังตารางที่ 1



รูปที่ 6 แสดงการติดตั้งแบบฟิกซ์เจอร์บนเครื่องกลึง



รูปที่ 7 จุดที่ทำกรวัดค่าเทียบกับมาตรฐาน DIN 6885-1 (1968-08) แบบ A ขนาดของ b , t_1 และ l [6 หน้า 221]

ตารางที่ 1 ขนาดร่องลิ้นขัดบนชิ้นงานเพลตตัวอย่าง

ชั้นที่	ขนาดของร่องลิ้นขัด (mm)		
	b	t_1	l
1	8.06	3.83	38.08
2	8.23	3.87	40.09
3	8.09	4.25	40.87
4	8.06	3.18	40.68
5	8.11	3.86	38.40
6	8.15	3.92	39.62
7	8.18	3.97	40.07
8	8.07	4.12	40.96
9	8.09	3.95	41.21
10	8.14	3.89	41.13
ค่าเฉลี่ย	8.118	3.944	40.111

จากค่าของขนาดร่องลิ้นขัดบนชิ้นงานเพลตตัวอย่างที่ได้ นำมาเปรียบเทียบกับค่าพิทักความเผื่อของร่องลิ้นขัดแบบแท่งตามมาตรฐานสำหรับลิ้น DIN 6885-A-8x7x40 โดยช่วงพิทักความเผื่อในตารางที่ 2 ได้จากการคำนวณค่าพิทักเผื่อสำหรับร่องลิ้นขัดแบบแท่งตามมาตรฐาน DIN 6885-1 (1968-08) แบบ A และค่าพิทักเผื่อความกว้าง b ใช้ตามระบบงานสมพอดิ DIN ISO 286-2(1990-1) N9 [6 หน้า 221 และ 104] จะได้ค่าพิทักเผื่อมาตรฐานของความกว้าง b คือ $8^{+0}_{-0.036}$ mm, ความลึก t_1 คือ $4^{+0.1}_{+0}$ mm และความยาว l คือ $40^{+0.1}_{+0}$ mm

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบกับช่วงค่าพิทักเผื่อ (mm)

ขนาด	ค่าเฉลี่ย	ช่วงพิทักความเผื่อ	คลาดเคลื่อน
b	8.118	7.964 – 8.000	+0.118
t_1	3.944	4.000 – 4.100	-0.056
l	40.111	40.000 – 40.300	0.000

จากตารางพบว่าค่าความกว้าง b ของร่องลิ้นที่วัดได้เกินกว่าค่าช่วงพิทักเผื่ออยู่ที่ +0.118 mm และค่าความลึก t_1 ซึ่งปรับค่าตามแกน z ของเครื่องกลึงที่ระยะ 4 mm มีค่าพิทักเผื่อที่ไม่สามารถยอมรับได้ โดยคลาดเคลื่อนจากช่วงค่าพิทักเผื่อ -0.056 mm ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าเกิดจากหัวจับของเครื่องกลึงที่ใช้ในการวิจัยและทดลองมีอายุการใช้งานหลายปี ทำให้เกิดการสั่นและความเที่ยงตรงลดลง โดยค่าความกว้าง b ทางผู้วิจัยได้เผื่อขนาดของคล่องเลื่อยด้วย จึงเป็นสาเหตุให้ค่าความกว้าง b ดังตารางที่ 1 มีค่าคลาดเคลื่อนจากช่วงค่าพิทักเผื่อ ส่วนค่าความยาว l ของร่องลิ้นอยู่ในช่วงค่าพิทักเผื่อที่ยอมรับได้ แต่จากตารางที่ 1 จะพบค่าความยาว l ไม่ได้อยู่ในช่วงพิทักเผื่อบางค่า ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าความยาว l ต้องทำการป้อนกัศพลายรอบตามแนวแกน x ของเครื่องกลึง จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากช่วงค่าพิทักเผื่อไป และจากระบบการวัดเครื่องมือที่ใช้มีความละเอียดไม่เพียงพอ

อีกทั้งยังไม่ได้มีการวิเคราะห์ถึงการสั่นสะเทือนในการทำงานและการใช้แบบจำลองโดยโปรแกรม CAD/CAE เพื่อช่วยในการวิเคราะห์จุดบกพร่องในเรื่องของการกำหนดตำแหน่งและการจับยึดของฟิกซ์เจอร์

4. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จากการออกแบบ จัดหาวัสดุอุปกรณ์ และสร้างต้นแบบฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ้นนี้ แล้วเกิดต้นทุนทางวัสดุ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนทางวัสดุ

ลำดับที่	รายการ	ราคา/หน่วย	จำนวนหน่วย	ค่าใช้จ่าย
1	Guide bushing	184	2	368
2	Guide post	297	2	594
3	Bearing unit	180	2	360
4	เหล็กแผ่นดำ ss400	60	32.5	1,950
5	Screw M10x40	20	26	520
6	Screw M12x25	15	4	60
7	Screw M12x40	20	6	120
8	Screw M8x20	12	6	72

ตารางที่ 3 (ต่อ) ต้นทุนทางวัสดุ

ลำดับ ที่	รายการ	ราคา/ หน่วย	จำนวน หน่วย	ค่าใช้จ่าย
9	Screw M8x30	15	12	180
10	Screw M8x25	18	2	36
11	Screw M12x60	60	2	120
12	เหล็กเพลาสีเหลี่ยม 50.8 mm	120	2	312
13	Digital caliper gauge	770	1	770
14	เหล็กเพลากลม Ø25.4x300 mm	35	1	35
15	เหล็กเพลากลม Ø35x50 mm	35	1	35
รวม				5,532

จากตาราง ต้นทุนทางวัสดุรวมทั้งสิ้น 5,532 บาท และต้นทุน
ด้านแรงงาน (เหมาจ่าย) 6,000 บาท ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนรวม} &= \text{ต้นทุนวัสดุ} + \text{ต้นทุนแรงงาน} \\ &= 5,532 + 6,000 \\ &= 11,532\end{aligned}\quad (8)$$

จากต้นทุนรวมทั้งหมดสามารถวิเคราะห์จุดคุ้มทุนได้ดังนี้
กำหนดให้ ราคาในการทำร่องลิ่มขัดแบบ A คือ 150 บาท/หน่วย
(ประเมินโดยประมาณจากสถานประกอบการแห่งหนึ่ง) จะได้

$$\begin{aligned}\text{จุดคุ้มทุน} &= \frac{\text{ต้นทุนรวมของฟิกเจอร์}}{\text{ราคาการทำร่องลิ่ม}} = \frac{11,532}{150} \\ &= 76.96 \approx 77\end{aligned}\quad (9)$$

ดังนั้น ต้องทำร่องลิ่มขัดนี้จำนวน 77 หน่วยขึ้นงาน จึงจะคุ้มทุน
และจากการสำรวจพบว่าโดยเฉลี่ยจะมีงานกัดร่องลิ่มบนเพล
50 หน่วยขึ้นงานต่อเดือน

$$\begin{aligned}\text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{77}{50} \frac{\text{หน่วยขึ้นงาน}}{\text{หน่วยขึ้นงาน/เดือน}} \\ &= 1.54 \text{ เดือน หรือ } \approx 45 \text{ วัน}\end{aligned}\quad (10)$$

นั่นคือต้นทุนรวมทั้งหมดในการสร้างต้นแบบฟิกเจอร์ตัวนี้
อยู่ที่ 11,532 บาท และจะต้องกัดชิ้นงานร่องลิ่มขัดนี้จำนวน 77
หน่วยขึ้นงาน จึงจะคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 45 วัน

5. บทสรุป

จากการออกแบบและสร้างต้นแบบฟิกเจอร์ของเครื่องกลึง
สำหรับงานทำร่องลิ่ม สามารถปรับระยะในแนวแกน y ได้ เพื่อ
ช่วยในการปรับตั้งศูนย์กลางของชิ้นงาน โดยการทดลองใช้มีดกัด
End mill ขนาด 8 mm ประกอบเข้ากับชุดหัวจับเครื่องกลึง ยี่ห้อ
MASHSTROY รุ่น C11MT ทำการกัดร่องลิ่มขัด โดยเทียบขนาด
ของร่องลิ่มตามค่าพิคัดเพื่อสำหรับร่องลิ่มขัดแบบแท่งของ
มาตรฐาน DIN 6885-1 (1968-08) แบบ A และงานสวมตาม
ระบบ DIN ISO 286-2(1990-1) N9 พบว่า ค่าเฉลี่ยของขนาด
ร่องลิ่มขัดนี้ มีค่าความกว้าง b คลาดเคลื่อนจากช่วงค่าพิคัดเมื่อ
อยู่ที่ +0.118 mm ค่าความลึก t_1 คลาดเคลื่อนจากช่วงค่าพิคัด
เมื่ออยู่ที่ -0.056 mm และค่าความยาว l อยู่ในช่วงค่าพิคัดเมื่อ
ที่ยอมรับได้ โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้เนื่องมาจาก
เครื่องกลึงที่นำมาทดลองนี้มีอายุการใช้งานนานหลายปีและ
จะต้องทำการป้อนกัดหลายรอบ และจากระบบการวัดมี
เครื่องมือที่มีความละเอียดไม่เพียงพอ

จะเห็นว่าต้นแบบฟิกเจอร์นี้สามารถช่วยงานกัดร่องลิ่มได้
จริง และสามารถนำมาติดตั้งได้ง่ายบนป้อมมีดของเครื่องกลึง
ให้กับสถานประกอบการขนาดเล็กที่มีแต่เครื่องกลึงสำหรับทำร่อง
ลิ่มชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลทางการเกษตรได้ โดยต้นทุนรวมใน
การสร้างต้นแบบฟิกเจอร์ตัวนี้อยู่ที่ 11,532 บาท จะต้องกัด
ชิ้นงานร่องลิ่มขัดนี้จำนวน 77 หน่วยขึ้นงาน จึงจะคุ้มทุน และ
ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 45 วัน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] R. D. Makwana and N. D. Goswami, "A Study on Fixture Design for Complex Part," International Journal of Futuristic Trends in Engineering and Technology, Vol. 1, pp.12-15, 2014.
- [2] N. P. Maniar, D. P. Vakharia, A. B. Andhare and C. M. Patel, "Design of 28 Operations, 4 Axis-360° Indexing Milling Fixture for CNC," International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol. 1, pp.129-131, 2009.
- [3] B. Kumara and M. M. Ram, "Design and Fabrication of Lathe Fixture for Brake Drum (cargo) Machining," International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. 4, pp.1-5, 2014.
- [4] T. Zacharia and M. S. Steve, "Design Optimization of Machining Fixture for the Slant Bed CNC Lathe (SBCNC80/2000)," International Journal of Mechanical Engineering and Research, Vol. 3, pp.421-430, 2013.

- [5] S. S. Pachbhai and L. P. Raut, "A Review on Design of Fixtures," International Journal of Engineering Research and General Science. Vol. 2, pp.126-146, 2014.
- [6] U. Fischer, M. Heinzler, R. Kilgus, F. Naher, S. Oesterle and H. Paetzold. (2553). ตารางคู่มืองานโลหะ. แปลจากเรื่อง Tabellenbuch Metall โดย บรรเลง ศรีนิล และสมนึก วัฒนศรีกุล. พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพฯ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.