การปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่มในกระบวนการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC)

An Improvement of a Jig for a Frame of Submersible Pump Production with CNC Turning Machine

เผชิญ จันทร์สา
ภาควิชาวิศวกรรมระบบเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: pachern.ja@spu.ac.th

นภัสกร พันธุรักษ์
ภาควิชาวิศวกรรมระบบเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: napassakorn.pan@gmail.com

อดุลย์ พัฒนภักดี
ภาควิชาวิศวกรรมระบบเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: adual.pa@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการปรับปรุงอุปกรณ์จับยึด (Jig) เรือนปั๊มน้ำแบบจุ่มในกระบวนการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC) เพื่อลดการเกิดของเสียและลดเวลาของการผลิตชิ้นงาน ข้อมูลกระบวนการผลิตเดิมและข้อมูลการเกิดของเสียได้ถูกเก็บรวบรวมแล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดของเสีย ซึ่งพบว่าอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig) เดิมมีขั้นตอนในการติดตั้งหลายขั้นตอนและยังมีการออกแบบการจับยึดชิ้นงานที่ไม่มั่นคงเพียงพอทำให้ชิ้นงานเกิดการส่ายจนเป็นสาเหตุของการเกิดของเสียขึ้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลและปัญหาที่พบจึงได้ทำการออกแบบปรับปรุงวิธีการและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig) ขึ้นใหม่ โดยออกแบบชิ้นส่วนของอุปกรณ์จับยึด (Jig) ที่สามารถติดตั้งเข้ากับปากจับของเครื่องกลึง CNC ทั้ง 3 ด้านได้ และเปลี่ยนการจับยึดจากการสอดปากจับเข้าผิวในของเรือนปั๊มแล้วดันออก เป็นการกดคีบจับลงที่ผิวภายนอกของชิ้นงานแทน โดยชิ้นส่วนของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig) ที่ออกแบบใหม่นี้มีความยาวครอบคลุมเกือบตลอดความยาวของชิ้นงานเรือนปั๊มที่นำมากลึง มีสกรูช่วยสำหรับการปรับตั้งศูนย์แบบละเอียดและยังช่วยเพิ่มความมั่นคงของการจับยึดได้อีกด้วย นอกจากนั้นอุปกรณ์จับยึด (Jig) ที่ออกแบบปรับปรุงขึ้นมาใหม่นี้ ยังถูกออกแบบให้สามารถนำไปปรับใช้กับเครื่องกลึงอัตโนมัติรุ่นอื่น ๆ ในสายการผลิตเดียวกันที่มีอยู่อีก 3 เครื่องได้อีกด้วย ทำให้เพิ่มความยืดหยุ่นในสายการผลิตที่สามารถใช้งานอุปกรณ์จับยึด (Jig) ทดแทนกันได้ในกรณีที่เครื่องกลึงตัวใดตัวหนึ่งที่กำลังผลิตชิ้นงานอยู่เกิดปัญหาขึ้น หลังจากได้ข้อสรุปของการออกแบบแล้ว จึงได้สร้างอุปกรณ์จับยึดต้นแบบขึ้นมาสำหรับทดลองนำไปปรับใช้ในการกลึงชิ้นงานจริง พบว่าอุปกรณ์จับยึด (Jig) ต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถลดเวลาในการติดตั้งชิ้นงาน

จากเดิมใช้เวลาเฉลี่ยที่ 7.01 นาทีต่อชิ้น เหลือ 2.45 นาทีต่อชิ้น และทำให้ลดปัญหาจากการกลึงขนาดร่องแบริ่งใหญ่เกินขนาด สามารถลดของเสียที่เกิดขึ้นได้จากเดิมคือร้อยละ 2.60 เหลือร้อยละ 0.448 นอกจากนั้นยังสามารถนำไปติดตั้งเพื่อกลึงชิ้นงานแบบเดียวกันนี้กับเครื่องกลึงเครื่องอื่นดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นได้ โดยต้องใช้อุปกรณ์สำหรับตัดเฉือนเดียวกัน หรือขนาดเดียวกันกับรุ่นที่ออกแบบไว้ เพื่อให้โปรแกรมที่ใช้กลึงมีความเร็วรอบและระยะการกลึงที่สัมพันธ์กับอุปกรณ์ตัดเฉือน เพื่อป้องกันการเกิดแรงสะท้านของมีดกลึงกับผิวชิ้นงาน

คำสำคัญ: การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig), ลดของเสีย, เครื่องกลึง CNC, เรือนปั๊มน้ำแบบจุ่ม, กระบวนการผลิต

ABSTRACT

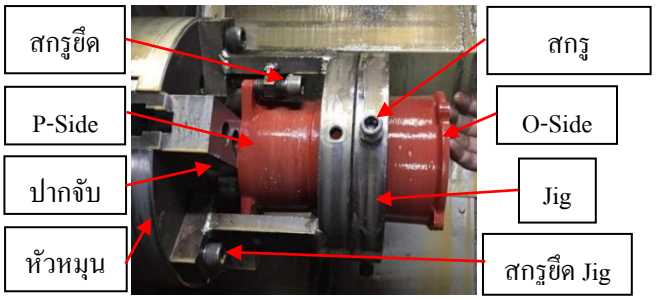
This paper presents an improvement of a Jig holding a frame part of submersible pump in a production process with CNC turning machine in order to reduce a defect and a production time period. The original production data including the information of defective products is corrected and used to be analyzed for evaluating the cause of the defect. The analytical data shows that the original Jig has more step for setting up and also has the poor method of fastening causing the frame part is unstable during production process and being a defect. Therefore, the new design of Jig and fastening method have been improved. The parts of Jig are designed to be installed on all three clamps jaw of CNC turning machine and the previous method of fastening, all three clamps jaw of CNC turning machine that being inside the cylindrical frame part are then stretch simultaneously to press inner surface of this cylindrical frame part, has been changed. For new design, Jig will be installed on all three clamps jaw will press to outer surface simultaneously when all three clamps jaw move inward. A new Jig parts are designed to be covered almost of the length of the frame part and also has an adjustable screw for setting up an alignment and a stable position of the frame part before machining. Moreover, the new Jig can also be installed on the other three CNC turning machine in the same production process that make the production line is flexible to use replacement part of Jig on another CNC turning machine if there is one was shutting down. The prototype of the new design of Jig is fabricated for testing in the frame part production process with CNC turning machine. Initially, the sample of the test shows that the new Jig can help to reduce the setup time of each frame part for machining from 7.01 minutes to be 2.45 minutes and also can help to reduce the defect of 2.60% to be 0.448%. Moreover, the new Jig can be installed in the other CNC turning machine as mention before by using the related equipment in the same function.

KEYWORDS: design of Jig, reduce a defect, CNC, submersible pump frame, production process

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากการเข้าสังเกตและเก็บข้อมูลการผลิตของกระบวนการกลึงขึ้นรูปเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่มรุ่น CSP-755S ด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC, Computer Numerical Control) ในโรงงานผลิตพบว่ามีของเสียเกิดขึ้นจากการกลึงขนาดร่องแบริ่งที่ไม่ได้ขนาดตรงตามกำหนด ซึ่งสาเหตุเกิดจากชุดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่มีการใช้ปากจับ(Soft Jaw) ของหัวหมุนของเครื่องกลึง(spindle) ที่มีบ่าจับสั้นเกินไปและใช้แรงจากลมอัดดันปากจับให้เคลื่อนที่ออก

เพื่อกดยึดฐานชิ้นงานด้าน P-side (ด้านที่ใช้ประกอบเข้ากับใบพัด) แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ประกอบกับตัวเรือนปั๊มซึ่งเป็นผิวดิบของเหล็กหล่อทรายทรงกระบอกเอียง (Taper) และมีผิวมันจากการพ่นสีรองพื้นมาแล้วหนึ่งชั้น จึงทำให้จับชิ้นงานได้ไม่มั่นคงพอ ชิ้นงานเกิดการเอียงไม่ได้ศูนย์และเกิดการหมุนส่ายในขณะที่ทำการกลึง ส่งผลให้ร่องแบริ่งที่ผ่านการกลึงแล้วเกิดการบิดเบี้ยวและขนาดใหญ่กว่ากำหนด นอกจากนั้นยังมีการใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานประคองเพิ่มเติมที่คอเรือนปั๊มเพื่อรับน้ำหนักกับความยาวของเรือนปั๊ม ที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในขั้นตอนการติดตั้งชิ้นงานในการขันสกรูสำหรับยึดประคองที่ผิวด้านนอกของเรือนปั๊ม 3 จุดและสกรูสำหรับยึดที่ฐานหูอีก 1 จุด และวิธีการจับยึดชิ้นงานแบบเดิมนี้จะต้องมีการเคาะปรับระยะหน้าแปลนของชิ้นงาน เพื่อตั้งศูนย์ให้ชิ้นงานเป็นหน้าฉากกับแนวแกนของหัวหมุนอีกด้วย ในขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยได้สังเกตแล้วพบว่าเป็นขั้นตอนที่ทำให้สิ้นเปลืองเวลาในการหาระยะเคาะตั้งศูนย์ เพื่อให้เกิดความร่วมศูนย์กันทั้งด้าน O-Side (ด้านที่ต้องนำไปอัดเข้ากับสเตเตอร์ที่เป็นโครงเหล็กใช้สำหรับพันขดลวดทองแดงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของมอเตอร์ปั๊มน้ำ) และด้าน P-Side ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงวิธีการและสร้างชุดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเข้ากับหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC ขึ้นมาใหม่ เพื่อแก้ปัญหาการจับยึดชิ้นงานเดิมที่ไม่มั่นคงและลดเวลาการติดตั้งชิ้นงานก่อนการกลึงชิ้นงาน และนอกจากนั้นชุดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบใหม่นี้ จะสามารถนำไปติดตั้งใช้งานกับเครื่องกลึง CNC เครื่องอื่น ๆ ในไลน์การผลิตเดียวกันได้อีกด้วย เพื่อรองรับกับกรณีที่เครื่องที่กำลังใช้งานอยู่มีปัญหาขัดข้องเกิดขึ้น



ภาพที่ 1 แสดงภาพการจับยึดของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบเดิม

ภาพที่ 2 แสดงภาพของปากจับแบบเดิม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อออกแบบและปรับปรุงอุปกรณ์สำหรับจับยึดชิ้นงาน (Jig) เข้ากับหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่ม

(2) เพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการกลึงขึ้นรูปชิ้นส่วนเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่ม

(3) เพื่อลดระยะเวลาการจับยึดและการปรับตั้งชิ้นงานเข้ากับหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC

3. วิธีการศึกษาข้อมูลและการออกแบบ

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1.1 การเก็บข้อมูลระยะเวลาการผลิต

ตามแผนการผลิตของโรงงานจะต้องกลึงชิ้นงานให้ได้วันละ 11 ชิ้น แต่เนื่องจากปัญหาในการติดตั้ง (Setup) ชิ้นส่วนเรือนปั๊มเข้ากับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและเคาะตั้งศูนย์ชิ้นงานของวิธีการเดิมนั้นต้องทำการปรับตั้งศูนย์โดยละเอียด จึงทำให้เกิดการเสียเวลาในการติดตั้งมาก จึงทำให้กลึงชิ้นงานได้เฉลี่ย 10 ชิ้นต่อวันเท่านั้น ผู้

ศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะทำการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานใหม่โดยมีเป้าหมายในการลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเรือนปั๊มเข้ากับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและการเคาะตั้งศูนย์ชิ้นงานที่กินเวลากว่า 70.10 นาที (ตามข้อมูลในตารางที่ 1) นี้ออก เพื่อให้มีเวลาเพิ่มสำหรับกระบวนการผลิตโดยรวมให้ได้ตามแผนการผลิตที่กำหนดไว้

ตารางที่ 1 ตารางสรุปการจำแนกเวลาในกระบวนการกลึงขึ้นรูปชิ้นส่วนเรือนปั๊ม

จำนวนชิ้นงานกลึง (ชิ้น)	ระยะเวลาการติดตั้งก่อนการกลึง (นาที)	ระยะเวลาการกลึง (นาที)	ระยะเวลาการตรวจสอบ (นาที)	ระยะเวลาเผื่อของพนักงาน (นาที)	ระยะเวลารวม (นาที)
1	7.01	25.54	1.45	6	40
3	21.03	76.62	4.35	18	120
10	70.10	255.40	14.50	60	400

3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียจากการผลิต

ตารางที่ 2 ข้อมูลของเสียย้อนหลัง 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 – 31 ธันวาคม 2562

ปี 2562				
เดือน	ปั๊มน้ำแบบจุ่มรุ่น CSP – 755S			
	ผลิต (ชิ้น)	ของเสีย (ชิ้น)	ใช้จริง (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)
ม.ค.	190	3	187	1.60
ก.พ.	200	4	196	2.04
มี.ค.	215	6	209	2.87
เม.ย.	213	4	209	1.91
พ.ค.	230	6	224	2.68
มิ.ย.	251	7	244	2.87
ก.ค.	254	9	245	3.67
ส.ค.	258	9	249	3.61
ก.ย.	223	6	217	2.76
ต.ค.	226	5	221	2.26
พ.ย.	202	4	198	2.02
ธ.ค.	70	2	68	2.94
รวม	2,532	65	2,467	2.60

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของชิ้นงานที่ผลิตแล้วไม่ได้ตรงตามกำหนดในกระบวนการกลึงขึ้นรูปชิ้นส่วนเรือนปั๊ม ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่ามีข้อมูลของชิ้นส่วนเรือนปั๊มที่ไม่ได้ขนาดตามกำหนดย้อนหลัง 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 – 31 ธันวาคม 2562 คิดเป็นร้อยละ 2.60 ดังตารางที่ 2 ซึ่งของเสียเหล่านี้เป็นของเสียที่

ได้คัดแยกไว้และผ่านการตรวจเช็คแล้วว่าไม่ผ่านการควบคุมคุณภาพและจะไม่สามารถนำไปกลึงซ่อมหรือแก้ไขใหม่ได้ไม่ว่าด้วยวิธีใด ๆ โดยทั้งหมดนี้เป็นของเสียที่เกิดจากการกลึงร่องแบริ่งใหญ่เกินขนาดที่กำหนดไว้

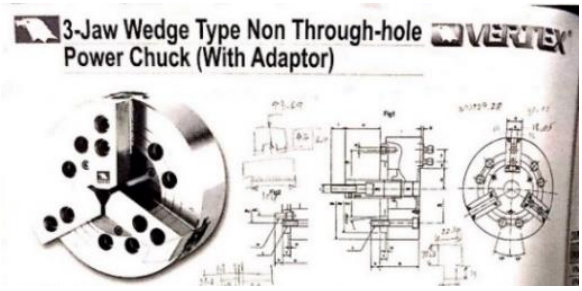
ภาพที่ 3 ตัวอย่างตะกร้ารวมของเสียที่ร่องแบริ่งใหญ่เกินขนาด

3.2 การวิเคราะห์ออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

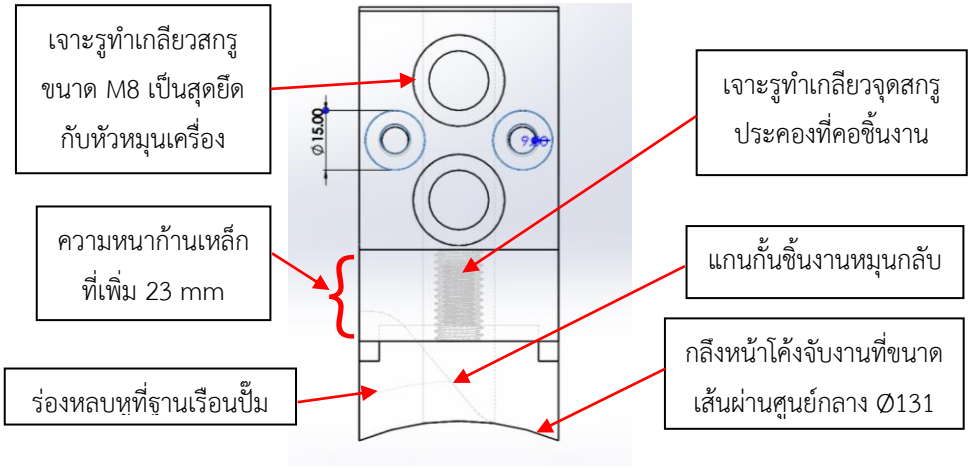
การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานในงานวิจัยนี้จะเน้นการออกแบบให้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ประกอบง่าย มีความแข็งแรงและจับงานได้ตรงแนวศูนย์กับเครื่องกลึงให้ได้มากที่สุดเป็นหลัก เพราะอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่หลักในการเป็นตัวยึด กำหนดตำแหน่งของชิ้นงานหรือนำทางเครื่องมือปรับผิวให้สามารถทำการปรับผิวชิ้นงานได้แม่นยำ โดยได้ศึกษาแนวทางจากโครงงานวิจัยก่อนหน้าที่มีลักษณะของการปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อปรับปรุงคุณภาพของการผลิตชิ้นงาน [1],[2] ในกรณีนี้จึงใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเป็นตัวช่วยในการจับยึดชิ้นงานทรงกระบอกเอียงที่ไม่สามารถนำไปติดตั้งเข้ากับปากจับของเครื่อง CNC ได้โดยตรง ดังนั้นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจึงเป็นชิ้นส่วนทางกลรูปแบบหนึ่งต้องที่รับภาระโหลดของชิ้นงานหรือภาระโหลดอื่น ๆ ที่เกิดจากการใช้งานรูปแบบต่าง ๆ เช่น แรงบีบจับจากปาดจับของเครื่องจักร เป็นต้น [4]

จากการสังเกตขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปโดยใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบเดิมนั้นมีข้อบกพร่องในหลายจุดดังที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ไม่ว่าจะเป็นการจับยึดที่ไม่มั่นคงเนื่องจากรูปแบบของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่เหมาะสม คือการที่มีบ่าจับรองรับชิ้นงานที่สั้นเกินไป และการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเดิมมีขั้นตอนหลายขั้นตอน ทำให้เสียเวลาในการติดตั้งเพื่อจับยึดชิ้นงานเข้ากับหัวหมุนของเครื่อง CNC จึงมีแนวคิดทำให้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานสามารถติดตั้งแล้วหาความร่วมศูนย์เป็นจุดเดียวกันที่ง่ายที่สุดโดยการบีบจับที่ผิวภายนอกของชิ้นงานด้าน P-Side แนวคิดที่ได้นี้ได้ทำการต่อยอดจากอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานตัวเก่า โดยต้องการให้ง่ายต่อการจับงาน และง่ายในการติดตั้ง ถอด-ใส่ชิ้นงาน จึงได้ออกแบบให้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานตัวเดิมและปากจับรวมเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน และส่วนของแขนประคองที่มีสกรูยึดชิ้นงานนั้นจะถูกต่อขึ้นมาจากปากจับ ซึ่งปากจับนี้จะถูกเปลี่ยนลักษณะจากการใช้แรงลมอัดดันออก เป็นการใช้แรงลมอัดกดจับผิวนอกของชิ้นงานพร้อมกันทั้ง 3 ทิศแทน โดยได้เลือกใช้ปากจับขนาด 12 นิ้ว เท่ากับขนาดเดิม ดังภาพที่ 4 เพราะต้องสัมพันธ์กับหัวหมุนเครื่องกลึง CNC

จากนั้นได้ทำการออกแบบอุปกรณ์จับยึดต้นแบบใหม่ในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม SolidWorks โดยเขียนแบบปากจับของหัวหมุนเครื่อง CNC ยี่ห้อและขนาดที่เลือก ดังภาพที่ 4 จากนั้นทำการเขียนแบบชิ้นส่วนที่ต้องการเพิ่มความสูงของปากจับ ขั้นตอนการต่อชิ้นส่วนเพื่อเพิ่มความสูงของปากจับนี้ผู้จัดทำได้เลือกการต่อแบบเจาะรูนำเกลียวแล้วใช้สกรูขนาด M8 มาจับยึดแบบขันตาย ชิ้นละ 2 ตัว เพื่อต้องการให้ทั้งสองชิ้นต่อเป็นหน้าฉากเดียวกันเพื่อให้มีความร่วมศูนย์เดียวกันที่สุด โดยมีการเพิ่มรายละเอียดส่วนที่เป็นแกนกั้นชิ้นงานหมุนกลับ กับร่องหลบหูเรือนปั๊มตรงส่วนฐานของเรือนปั๊มน้ำ ให้เข้ากับรูปร่างกับชิ้นงานที่จะนำมากลึงมากขึ้น และเพิ่มรูสกรูประคองชิ้นงาน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 3-Jaw 12 นิ้ว ยี่ห้อ VERTEX



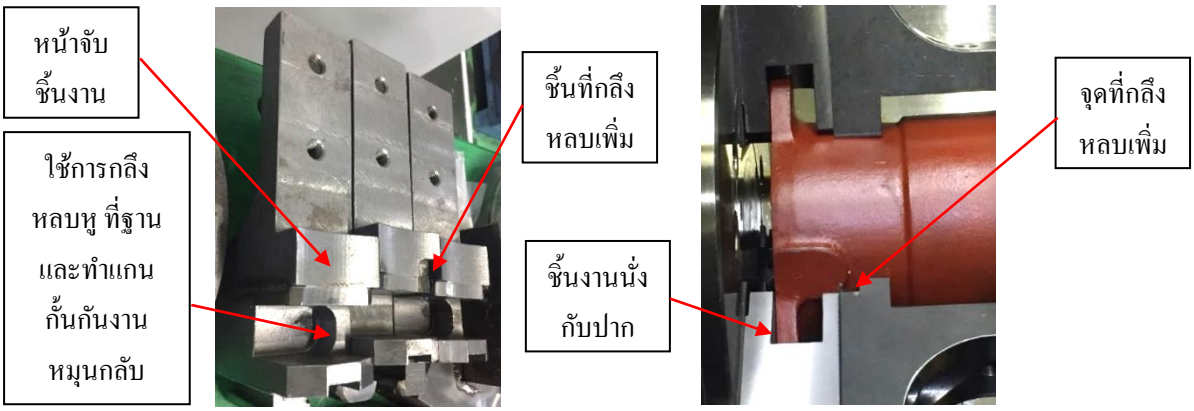
ภาพที่ 5 แสดงภาพการออกแบบปรับปรุงต้นแบบปากจับชิ้นงาน

3.3 การสร้างอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบและทดลองตั้งศูนย์อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

จากที่ได้ข้อสรุปของการออกแบบและเขียนแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่ในคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว จึงได้จำแบบไปสร้างอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบขึ้นจริง และได้นำอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้มาติดตั้งกับเครื่องกลึง CNC เพื่อปรับแต่งรายละเอียดในการจับยึด โดยมีการวัดระยะของเครื่องมือตัดและทำการกลึงหน้าจับชิ้นงานของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ต้องการให้มีผิวหน้าโค้งรับกับความโตผิวนอกของชิ้นงาน เพื่อให้ปากจับของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบสามารถจับชิ้นงานได้แนวศูนย์เดียวกันกับหัวหมุนเครื่อง CNC ที่สุด ดังภาพที่ 6 จากนั้นจึงมาทดลองจับชิ้นงานเพื่อปรับแต่งให้หลบรูทิ้งน้ำมันที่นูนออกมาดันอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานซึ่งทำให้จับชิ้นงานได้ไม่สนิท ดังภาพที่ 7 และกลึงปรับแต่งเพิ่มเติมเพื่อหลบหูที่ฐานเรือนปั๊มแล้วทำแกนกั้นแทนการใช้สกรูยึดกับฐานชิ้นงานเพื่อป้องกันการหมุนกลับในระหว่างการกลึงดังภาพที่ 8

ภาพที่ 6 แสดงภาพการกลึงตั้งศูนย์ Jig กับเครื่อง CNC

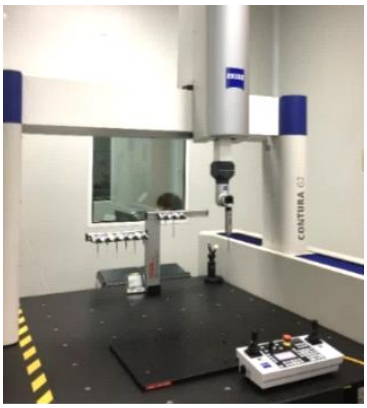
ภาพที่ 7 แสดงภาพลักษณะการจับยึดกับชิ้นงาน



ภาพที่ 8 แสดงภาพของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบใหม่ ร่องหลบหูที่ฐาน และร่องหลบรูทิ้งน้ำมัน

3.4 การตรวจสอบคุณภาพของการปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

ในการตรวจสอบคุณภาพของการออกแบบและปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานในงานวิจัยนี้ นอกจากจะใช้เครื่องมือทางกลในการวัดแล้ว ยังได้มีการใช้เครื่อง CMM (Coordinate Measuring Machine) ดังภาพที่ 8 ซึ่งเป็นเครื่องวัด 3 มิติ มาทำการวัดชิ้นงานทดสอบด้วยเพื่อเป็นเครื่องยืนยัน Jig ต้นแบบว่าสามารถใช้ได้จริงและสามารถลดของเสียจากการผลิตได้ การวัดขนาดด้วยเครื่อง CMM จะมีความน่าเชื่อถือกว่าการวัดด้วยเครื่องมือวัดอื่นๆทั่วไป เนื่องจากมีค่าความละเอียดของการวัดสูงมาก เครื่อง CMM สามารถยอมรับค่าความแม่นยำ หรือมีค่าความผิดพลาดได้เพียง 0.01 ไมโครเมตร (μm) หรือเท่ากับ 0.0001 มิลลิเมตร (ปกติการวัดด้วย Vernier Caliper จะมีความละเอียดของการวัดเพียง 0.02 มิลลิเมตร) [6] และนอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ได้มีการใช้เครื่องมือวัดความหยาบผิว (Roughness Surface Tester) ดังภาพที่ 9 เพื่อวัดหาค่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการกลึงว่าอยู่ในระยะควบคุมที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้ามีความหยาบเกินระยะควบคุม (Range control) จะบ่งบอกได้ว่ามีการใช้งานชุดใบมีดกลึงของเครื่องกลึงที่ไม่เหมาะสมหรือบ่งบอกได้ว่าชุดใบมีดกลึงเกิดการชำรุด ทำให้เกิดแรงสะท้านที่ผิวทำให้ผิวหยาบ [7]



ภาพที่ 8 เครื่อง CMM ยี่ห้อ CARL ZEISS รุ่น Contura G2

ภาพที่ 9 เครื่องวัดความหยาบผิว MITUTOYO SJ-210

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การทดสอบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบกับโปรแกรมการกลึงชิ้นงานของเครื่องกลึง CNC

อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้น ได้ถูกนำไปทดลองจับยึดชิ้นงานสำหรับการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึง CNC เพื่อทดสอบและปรับแต่งโค้ดคำสั่งของโปรแกรมการกลึงของเครื่องกลึง CNC โดยได้มีการทดลองกับชิ้นงานตัวอย่างเรือนปั๊มน้ำทั้งหมด 6 ชิ้น ซึ่งในระหว่างการกลึงชิ้นงานแต่ละชิ้น จะมีการตรวจวัดขนาดชิ้นงานกลึงด้วยเครื่องมือทางกลควบคู่กับการปรับโค้ดของเครื่อง CNC ไปด้วยเป็นระยะ โดยเครื่องมือวัดที่ใช้วัดตรวจสอบทั้งหมดประกอบด้วย Vernier Caliper, Depth Gauge, Bore Gauge, Inside Micro Caliper, Dial Test Indicator, Vernier Height Gauge และ Cylindrical Gage เมื่อทำการทดลองกลึงชิ้นงานครบแล้วจึงได้นำชิ้นงานทดลองทั้ง 6 ชิ้น ไปตรวจสอบอีกครั้งโดยใช้เครื่อง CMM และเครื่องวัดความหยาบผิวอีกครั้ง ดังข้อมูลตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 3 ตารางผลการวัดขนาดและความเรียบผิว

CMM Sample Check (mm.)								
Check Point	SPEC.	Range Control	Test No.1	Test No.2	Test No.3	Test No.4	Test No.5	Test No.6
1.ความโตขอบบน	Ø142.5 $^{+0.1}_{0}$	142.5 ~ 142.6	142.5388	142.551	142.5487	142.5616	142.5681	142.5576
2.ความโตขอบล่าง	Ø133 $^{+0.02}_{-0.02}$	132.98 ~ 133.02	132.9987	132.0099	133.0094	133.0114	133.0285	133.0234
3.ความลึกขอบบน	2 $^{0}_{-0.1}$	1.90 ~ 2.0	2.0326	2.0383	2.044	1.9164	1.9159	1.9344
4.ความลึกของล่าง	3 $^{0}_{-0.1}$	2.90 ~ 3.0	2.9651	2.9272	2.9351	2.9684	2.9582	2.9585
5.ความโตบ่าสเตเตอร์	Ø28 $^{-0.06}_{-0.08}$	127.92 ~ 127.94	127.9322	127.9479	127.9343	127.9185	127.9298	127.9315
6.ความโตร่องแบริ่ง	Ø52 $^{+0.019}_{0}$	52.0 ~ 52.02	52.0178	52.0132	52.0309	52.0198	52.026	52.0163
7.Concentricity	≤ 0.05	0 ≤ 0.05	0.0285	0.0262	0.0442	0.1914	0.0664	0.0565
8.Perpendicularity	≤ 0.03	0 ≤ 0.03	0.1284	0.0485	0.0206	0.1167	0.0357	0.0266
9.Flatness	≤ 0.02	0 ≤ 0.02	0.0804	0.0463	0.0106	0.0546	0.0168	0.0196
Roughness Surface Test Sample Check (µm.)								
Check Point	SPEC.	Range Control	Test No.1	Test No.2	Test No.3	Test No.4	Test No.5	Test No.6
10.Roughtness	ละเอียด 2 เข็ม	12.5 ~ 25	33.295	23.802	16.85	23.48	23.515	23.785

จากตารางที่ 3 ข้อมูลตัวเลขจากการวัดที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดคือชุดตัวเลขในกรอบวงรี ส่วนข้อมูลตัวเลขที่ขีดเส้นใต้ จะเป็นค่าขนาดที่เกินหรือต่ำกว่าระยะที่กำหนด แต่สามารถยอมรับได้ โดยมีเหตุผลที่รองรับ เช่น ความโตบ่าอัดสเตเตอร์มีค่าคลาดเคลื่อนจากระยะที่กำหนดน้อยมากเพียง 0.001 mm ซึ่งยังอยู่ในช่วงของค่าความเผื่อของการผลิตที่กำหนดไว้ เป็นต้น ส่วนชุดข้อมูลตัวเลขที่เหลือจะเป็นค่าตัวเลขของการตรวจวัดที่ผ่านเกณฑ์ได้ระยะตามที่กำหนด

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากข้อมูลการตรวจวัดขนาดชิ้นงานกลึงทดลองด้วยเครื่อง CMM ตามตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านการกลึงทดลองชิ้นที่ 6 นั้น มีขนาดอยู่ในเกณฑ์ที่ดีที่สุดในจำนวนชิ้นงานทดลองทั้ง 6 ชิ้น จึงได้นำโค้ดโปรแกรมการกลึงชิ้นงานทดลองชิ้นที่ 6 และ Jig ที่ออกแบบใหม่นี้ ขึ้นกลึงงานในรอบการผลิตจริงจำนวน 2 รอบของแผนการผลิต โดยแบ่งเป็นรอบแรกจำนวน 64 ชิ้น รอบที่สองจำนวน 56 ชิ้น ซึ่งได้มีการวัดตรวจสอบขนาดของชิ้นงานด้วยเครื่องมือวัดทางกลทุกครั้งหลังจบโปรแกรมการทำงานของเครื่องกลึง และจากนั้นจึงได้ทำ

การสุ่มวัดอีกรอบละ 5 ชิ้น ทั้ง 2 รอบ รวมเป็น 10 ชิ้น เพื่อนำมาบันทึกเป็นผลการตรวจสอบลงใน Sample Check Sheet ของหน่วยงาน QC ผลปรากฏว่าไม่พบของเสียจากการกลึง อัตราการเกิดของเสียคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.00 และระยะเวลาในการกลึงจาก 40 นาทีต่อชิ้นลดลงเหลือ 32.34 นาทีต่อชิ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนรูปแบบของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจับชิ้นงานให้ได้ศูนย์ดีขึ้นกว่าอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเดิม ทำให้ไม่ต้องสิ้นเปลืองเวลาในการเคาะปรับศูนย์มากนัก ทำให้ใช้เวลาในการติดตั้งลดลง จากเดิมเฉลี่ยที่ 7.01 นาทีต่อชิ้น เหลือ 2.14 นาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาการติดตั้งได้เฉลี่ยชิ้นละ 4.87 นาที

แต่จากผลของข้อมูลการกลึงชิ้นงานและตรวจสอบขนาดใน 2 รอบการผลิตแรกที่ยังคงไม่พบของเสียนั้น จึงได้ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มอีก 2 รอบการผลิตในกระบวนการกลึงตามแผนการผลิต โดยแบ่งเป็นจำนวน 56 ชิ้น และ 47 ชิ้น ผลปรากฏว่าในครั้งนี้พบของเสียจากการกลึง 1 ชิ้น ซึ่งเป็นการกลึงชิ้นงานตัวแรกของรอบชิ้นงานที่เบิกเข้ามา หลังจากการตรวจสอบพบว่าเกิดจากการสึกของใบมีดกลึงที่ผ่านการกลึงชิ้นงานมาจาก 2 รอบการผลิตแรก ซึ่งไม่ได้เกิดจากปัญหาของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบแต่อย่างใด และเมื่อได้ทำการปรับตั้งระยะใบมีดใหม่ ก็ทำให้สามารถกลึงชิ้นงานตามกระบวนการต่อไปได้อย่างปกติ

5. สรุป

จากการศึกษากระบวนการผลิตเดิมที่มีอุปกรณ์จับยึดที่ต้องประกอบหลายชิ้น การใช้ทั้งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและปากจับที่เป็นคนละชิ้นส่วนกัน รวมถึงการที่อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเดิม จับชิ้นงานไม่ได้ศูนย์จึงต้องใช้เวลาเคาะวัดระยะตั้งศูนย์ชิ้นงานเข้ากับอุปกรณ์จับยึดและต้องใช้สกรูในการจับยึดชิ้นงานให้แน่นอีก 4 จุด อีกทั้งเป็นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ใช้ได้เฉพาะเครื่อง ไม่สามารถใช้ร่วมกับเครื่องอื่นได้ นอกจากนี้ยังพบปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึง CNC สำหรับกลึงเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่มรุ่น CSP-755S จากการกลึงแบริ่งใหญ่เนื่องจากความส่าย

จากการวิเคราะห์ถึงปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจึงได้ออกแบบการจับยึดของปากจับใหม่ เป็นแบบใช้แรงจากลมอัดดันเข้าพร้อมกันทั้ง 3 ด้าน เพื่อคีบยึดงานที่ฐานด้าน P-side (ด้านที่ใช้ประกอบเข้ากับใบพัด) ให้ได้ศูนย์เดียวกันจากปากจับของหัวหมุนเครื่องกลึง CNC โดยตรง และเพื่อลดระยะเวลาที่เสียไปกับการเคาะวัดระยะตั้งศูนย์ชิ้นงานให้เข้ากับอุปกรณ์จับยึด ดังนั้นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบที่ได้ออกแบบใหม่โดยใช้โปรแกรม SolidWorks ช่วยในการออกแบบนี้ จึงเป็นการรวมส่วนของปากจับและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน

จากผลสรุปของแนวคิดปรับปรุงและการออกแบบ จึงได้นำไปสร้างเป็นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบสำหรับใช้ในการทดลอง โดยอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ทำการออกแบบใหม่นั้นสามารถถอดและใส่ชิ้นงานที่นำมากลึงได้สะดวกและรวดเร็วขึ้นกว่าเดิมเนื่องจากได้ประกอบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานให้เป็นชิ้นส่วนเดียวกับปากจับของหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC ทำให้มีน้ำหนักเบาลงจากเดิม 14.69 กิโลกรัม เหลือ 11.47 กิโลกรัม ช่องหลบหูที่ฐานของชิ้นงานกลึงที่ออกแบบใหม่สามารถเป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้ชิ้นงานหมุนฟรีระหว่างการกลึงได้โดยไม่ต้องใช้สกรูจับยึดเพิ่มเติม มีความมั่นคงมากขึ้นเนื่องจากหน้าจับชิ้นงานกว้าง 35 มิลลิเมตร จากเดิม 6 มิลลิเมตร สามารถทำการจับชิ้นงานแล้วได้ศูนย์เดียวกันกับหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC ทำให้ลดเวลาการติดตั้งชิ้นงานลงและเป็นส่วนที่ช่วยลดระยะเวลากลึงขึ้นรูปชิ้นงานตลอดทั้งกระบวนการลงได้ 4.87 นาทีต่อชิ้นงาน ทำให้สามารถปรับปรุงแผนการผลิตดีขึ้นจากเดิม โดยสามารถผลิตเพิ่มจาก 10 ชิ้น เป็น 11 ชิ้น ได้ตามเป้าการผลิตที่วางไว้

ในส่วนการลดของเสียนั้นจากการที่ได้นำชิ้นงานมาทดลองเพื่อปรับปรุงโค้ดโปรแกรม และหาระยะการตั้งเครื่องมือตัดในเครื่อง CNC จำนวน 6 ชิ้น จากนั้นสุ่มวัดขนาดจำนวน 20 ชิ้นจากชิ้นงานที่นำมากลึงจริงทั้งหมด

223 ชิ้น พบจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบใหม่มาทดสอบในกระบวนการกลึง คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.448 ซึ่งจากเดิมในข้อมูลย้อนหลัง 1ปี ของปี 2562 มีของเสียคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.60 ดังนั้นจึงเป็นผลลัพธ์ที่ดีทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงได้ ลดของเสีย มีอัตราการผลิตชิ้นส่วนเรือนปั๊มที่เพิ่มมากขึ้น และมีความสะดวกในการติดตั้งสามารถกลึงได้ง่ายขึ้นไม่เกิดการล้าช้าในการผลิต

6. ข้อเสนอแนะ

ในการนำอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบใหม่ไปติดตั้งกับเครื่องกลึงเครื่องอื่นที่มีคุณสมบัติหรือสมรรถนะต่างกัน จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนแก้โค้ดโปรแกรมของการกลึงใหม่ให้เหมาะสมอีกครั้ง และอาจจะต้องมีการปรับอุปกรณ์ของเครื่องกลึง CNC บางชิ้น เช่น กรณีใบมีดกลึงที่มีขนาดแตกต่างกัน ก็จะต้องทำการระยะการติดตั้งใบมีดกลึงใหม่ เพื่อป้องกันการเกิดแรงสะท้านที่กับใบมีดกลึง ซึ่งถ้าอุปกรณ์ไม่สัมพันธ์กันอาจจะทำให้เกิดอันตรายและเกิดความเสียหายต่อการผลิตได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] นวพล กลางทัพ. (2558). การออกแบบและดัดแปลงเครื่องจักรในกระบวนการผลิต Pump Body รุ่น Multi-Stage. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

[2] อธิวัฒน์ จาวรุ่งฤทธิ์. (2559). การปรับปรุงกระบวนการกลึงขึ้นรูปฝาประกบมอเตอร์ของปั๊มน้ำรุ่น Tornado WSP-105S. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีปทุม.

[3] Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett. Shigley's Mechanical Engineering Design Tenth Edition in SI units 10th Edition: McGraw Hill.

[4] Atom. Blog CNC Technology. (2560). งานเครื่องมือกล CNC Introduction. **(ออนไลน์)** เข้าถึงได้ที่ http://cncprog.blogspot.com/p/cnc-introductiion.html (วันที่ 10 ธันวาคม 2562).

[5] MatWeb metals property data. (2562). Cast Gray Iron Bar Stock ASTM A48. **(Online)** Available on http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=05f0795918314796a689d72341c96e90&ckck=1 (10 December 2019).

[6] ScienceDirect. (2562). Coordinate measuring machines. **(Online)** Available on https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/coordinate-measuring-machine (8 April 2020).

[7] Digital Measurement Metrology A Trescal Company. (2560). MITUTOYO SJ-210: Surface Roughness Tester. **(Online)** Available on https://www.youtube.com/watch?v=hZY3B9tZPi8 (8 April 2020).