

การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพสลักเพลลา Process Improvement in Pin Shaft Quality Inspection

ศุภพัฒน์ ปิงตา^{1*} และ สุวัจน์ ด้านสมบุญ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

²คณะกรรมการบริหารและจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

E-mail: teh_kku@hotmail.com*

Supapat Pingta^{1*} and Suwaj Dansomboon²

¹Department of Industrial and Logistics Engineering, Faculty of Engineering, Mahanakorn University,

Nongchok, Bangkok, 10530

²Faculty of Administration and Management, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,

Ladkrabang, Bangkok, 10520

E-mail: teh_kku@hotmail.com*

Received 19 Mar 2020; Revised 15 Apr 2020

Accepted 19 May 2020; Available online 27 Jun 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพสลักเพลลา (Pin Shaft) ในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย (Final quality Inspection) โดยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยจับยึด (Fixtures) ในการตรวจสอบคุณภาพ และได้ทำการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภูมิเหตุและผล พบว่ามีจุดที่ต้องตรวจสอบถึง 16 ตำแหน่งและบางตำแหน่งใช้เครื่องมือวัดแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้ใช้เวลาในการตรวจสอบนานมาก ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบอุปกรณ์จับยึดเพื่อช่วยในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายจำนวน 2 อุปกรณ์ คืออุปกรณ์ที่ใช้กับไมโครมิเตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้กับเวอร์เนียคาลิเปอร์ เพื่อความรวดเร็วและความแม่นยำในการวัดแต่ละจุด จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ พบว่าเวลามาตรฐานก่อนปรับปรุงเท่ากับ 211.63 วินาที และเวลามาตรฐานหลังปรับปรุงเท่ากับ 161.62 วินาที ซึ่งสามารถลดเวลาได้ 50.01 วินาที คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 23.63 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: ปรับปรุงกระบวนการ, ฟิกเจอร์, ตรวจสอบคุณภาพ, สลักเพลลา, ลดเวลา

การลดเวลาในการตรวจสอบชิ้นงานนั้น ยังสามารถช่วยลดความผิดพลาดของชิ้นงานก่อนที่จะนำส่งลูกค้า ทำให้ชิ้นงานนั้นมีคุณภาพ และคุ้มค่าแก่การศึกษาและพัฒนาเพื่อหาวิธีลดเวลาในการตรวจสอบชิ้นงานในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อไม่ให้เกิดความล่าช้า หรือใช้เวลาน้อยที่สุด

ตรวจสอบชิ้นงาน เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็ว อีกทั้งเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการศึกษาการทำงาน (Work study)

การศึกษาการทำงานคือการศึกษาวิธี(Method Study) และการวัดผลงาน (Work Measurement) ซึ่งใช้ในการศึกษากระบวนการทำงานและองค์ประกอบต่างๆ เพื่อปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น และใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนามาตรฐานของการทำงาน และเวลาในการทำงาน รวมไปถึงการใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาส่งเสริมงานของบุคลากร นำไปสู่การเพิ่มผลผลิต

2.2 การศึกษาเวลา

การศึกษาเวลา คือ การวัดผลงานซึ่งมีกระบวนการเพื่อกำหนดเวลามาตรฐานในการทำงาน โดยคนงานที่เหมาะสมซึ่งทำงานในอัตราที่ปกติภายใต้เงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงานโดยมีผลลัพธ์ของการวัดผลงานเรียกว่า เวลามาตรฐาน

กระบวนการศึกษาเวลาจะต้องมีอุปกรณ์จับเวลา กระบวนการแบ่งแยกงานย่อย เทคนิคการจับเวลา และขั้นตอนในการกำหนดเวลามาตรฐาน การกำหนดเวลามาตรฐานของการทำงานจะประกอบไปด้วยเวลาที่บันทึกได้จากการทำงาน ซึ่งจะต้องคำนวณหาเวลาที่ใช้เป็นค่าตัวแทนของเวลาการทำงาน (Representative Time) หรือค่าเวลาที่เลือก (Selected Time) เมื่อประเมินตามอัตราความเร็วของพนักงานของคนงานและมีการปรับค่าการประเมินแล้วจะได้เป็นค่าเวลาปกติ (Normal Time) และเมื่อมีการเพิ่มเวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าจะได้เป็นเวลา

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานในการตรวจสอบชิ้นสุดท้าย (QC Final) ในกระบวนการการตรวจสอบชิ้นงานสลักเพลลา (Pin Shaft) โดยสร้างเครื่องมือจับยึด (Fixture) ช่วยการทำงาน เพื่อช่วยลดเวลาในการ

มาตรฐาน (Standard Time) โดยการคำนวณเวลาปกติจะหาได้ในสมการที่ 1 และการหาเวลามาตรฐานจะแสดงดังในสมการที่ 2 และสมการที่ 3 [3]

$$NT = RT + RF \quad (1)$$

โดยที่

NT = เวลาปกติ (Normal Time)

RT = เวลาตัวแทน (Representative Time)

RF = ค่าปรับอัตราความเร็ว (Rating Factor)

$$STD.T = NT + AF \quad (2)$$

โดยที่

$STD.T$ = เวลามาตรฐาน (Standard Time)

NT = เวลาปกติ (Normal Time)

AF = ค่าเผื่อต่างๆ (Allowance Factor)

หรือในกรณีที่กำหนดให้ค่าเผื่อเป็นเปอร์เซ็นต์สามารถคำนวณหาเวลามาตรฐานได้ดังนี้

$$STD.T = NT \left(\frac{1 + \%AF}{100} \right) \quad (3)$$

2.3 แผนผังแสดงเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา

แผนผังแสดงเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลาเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการพิจารณาสาเหตุ (Cause) ที่มีผล (Effect) โดยตรงกับลักษณะคุณภาพของปัญหาที่จะสนใจ หลังจากนั้นจึงจัดตั้งคณะทำงานในการระดมสมองหรือ Brainstorming ว่าสาเหตุของปัญหาที่เลือกมานั้นมีอะไรบ้าง และให้เขียนสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้

ทั้งหมดก่อน แล้วจึงวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่มีผลกระทบทำให้เกิดปัญหานั้นมากที่สุด โดยปัจจัยหลักนั้นเริ่มมาจาก 4 ปัจจัยหลักหรือ 4M ได้แก่ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วิธีการทำงาน (Method) วัตถุดิบ (Material) หรืออาจจะเพิ่มปัจจัยหลักที่เห็นว่ามีมีความสำคัญโดยขึ้นอยู่กับสภาพการทำงานจริง เช่น สภาพแวดล้อมการทำงาน (Mather Nature) การวัดผล (Measurement) การบริหารจัดการ (Management) การซ่อมบำรุง (Maintenance) [4] โดยแผนผังกังปลาที่จะสมบูรณ์ต้องได้รับการประเมินถึงสาเหตุอย่างแท้จริง กิจกรรมนี้จะบรรลุผลสำเร็จเมื่อกรรมการแต่ละคนเลือกสาเหตุที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพ กรรมการอาจเลือกสาเหตุที่คิดว่าจะมีผลต่อลักษณะคุณภาพมากกว่า 1 สาเหตุ และไม่จำเป็นต้องเลือกสาเหตุที่เด่นเสมอ สาเหตุที่ได้รับการคัดเลือกที่จะแก้ปัญหาจะพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่าย ความเป็นไปได้ และความเหมาะสมในการดำเนินการ และเมื่อปัญหาได้ถูกแก้ไขแล้ว จะต้องมีการปรับแผนผังกังปลาใหม่ และกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน [5]

2.4 การออกแบบทางวิศวกรรม

การออกแบบทางวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่ใช้หลักทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับแนวปฏิบัติด้านวิศวกรรมศาสตร์ โดยเริ่มจากความคิดริเริ่มและการสร้างสรรค์ของผู้ออกแบบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตหรือการบริการใหม่ๆ โดยที่ขั้นตอนของ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ตั้งแต่การกำหนดปัญหาในการออกแบบ การศึกษาหลัก กรองโอกาสความสำเร็จการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือระบบ การศึกษาความเป็นไปได้ การวิจัยและพัฒนา การปรับปรุงแบบ และการประเมินเพื่อ ตัดสินใจในหลายขั้นตอน [6] ขั้นตอนสำคัญของการออกแบบทางวิศวกรรมคือการนำปัญหาที่ได้จากการทำงานจริงมาวิเคราะห์ โดยอาจใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การระดมสมอง การออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหามากกว่า 1 ทางเลือก หลังจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีต่างๆ เช่น การเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ ความคุ้มค่าการลงทุน หลังจากนั้นจึงริเริ่มสร้างต้นแบบในการแก้ไขปัญหาและนำผลลัพธ์มาปรับปรุงอย่าง

ต่อเนื่อง และในส่วนของขั้นตอนสุดท้ายคือการสร้างผลิตภัณฑ์จริงหรือระบบเพื่อนำไปใช้จริงในการทำงาน นอกเหนือจากการใช้งานจริงได้อย่างสมบูรณ์แบบแล้ว สมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (ITEEA) ได้เห็นความสำคัญของปัจจัยอื่นๆ นอกจากการออกแบบทางวิศวกรรมที่ดีแล้วยังมีประเด็นเรื่องความปลอดภัยในการใช้งาน การควบคุมคุณภาพให้คงที่หรือดีกว่าเดิม การซ่อมแซมผลิตภัณฑ์หรือระบบที่ออกแบบมาไม่ยากนักหรือมีต้นทุนในการบำรุงรักษาที่เหมาะสม มีความสะดวกสบายในการนำไปใช้งานจริงโดยผู้ปฏิบัติงาน หรือที่เรียกว่า การยศาสตร์ [7] ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นความสำคัญของทุกประเด็นในการออกแบบทางวิศวกรรม ทั้งนี้เพื่อให้ได้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสถานประกอบการและผู้ปฏิบัติงานให้มากที่สุด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

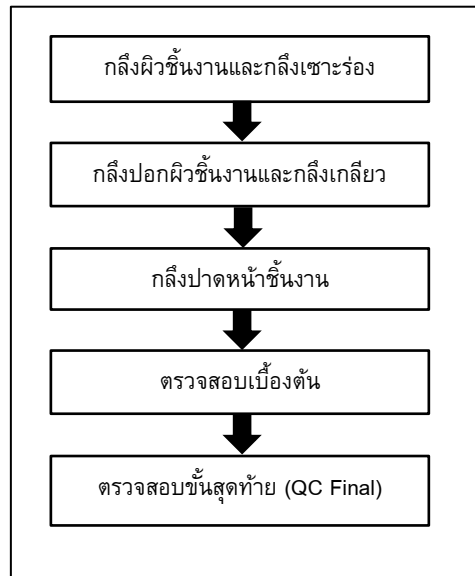
จากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตพบว่า การออกแบบทางวิศวกรรมมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อลดเวลาในการทำงานหรือลดความสูญเสียลงได้ เช่น งานวิจัย [8] ได้ออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เพื่อลดรอบเวลาในการผลิต และจำนวนสถานีงาน ในกระบวนการผลิตลูกหมากปีกนกด้านบน ซึ่งในการออกแบบครั้งนี้ได้ทดลองออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต่างกัน แล้วหาอุปกรณ์ที่ดีที่สุดในการใช้งานจริง ซึ่งจากผลวิจัยพบว่า อุปกรณ์จับยึด 3 ปากสามารถจับยึดชิ้นงานในการขึ้นรูปลูกหมากปีกนกให้เสร็จในขั้นตอนเดียวและมีความแม่นยำ โดยสามารถลดรอบเวลาการผลิตรวมได้ 1.75 วินาทีต่อชิ้น ลดจำนวนสถานีงานได้ 1 สถานีงาน ลดจำนวนพนักงานได้ 1 คน การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานในการผลิตเครื่องพรวนหญ้าของงานวิจัย [9] พบว่าวิธีดั้งเดิมไม่มีการนำอุปกรณ์ดังกล่าวช่วยในการจับยึดชิ้นงาน (Jigs and Fixtures) จึงทำให้งานเชื่อมประกอบ และงานตัดใบมีดพรวนหญ้า ใช้เวลาในการผลิตนาน หลังจากที่ได้ออกแบบอุปกรณ์จับยึดมาใช้ในงานผลิตดังกล่าวพบว่า เวลาในการผลิตรวมลดลง 35% นอกจากนั้นยังมีการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ใน

การจับยึดในงานเชื่อมประกอบแผ่นโลหะ [10] โดยใช้วิธีออกการทดลองด้วยเทคนิค พื้นผิวสะท้อน (Response Surface Methodology) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ปัจจัยถึงด้านคุณภาพในการทำงานของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เพื่อให้มีชิ้นงานโลหะที่ผ่านการเชื่อมมีคุณภาพดีมากยิ่งขึ้น ในการออกแบบอุปกรณ์จับยึดก็สามารถนำไปใช้อุตสาหกรรมยานยนต์อื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเครื่องบิน งานวิจัย [11] ได้นำหลักการ DMAIC มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการผลิตชิ้นส่วนประตูปะเกวบินพาณิชย์ แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน หลังจากนั้นจึงกำหนดมาตรฐานในการทำงาน และกำหนดมาตรฐานในการตรวจสอบสภาพเครื่องมือตัด โดยหลักการปรับปรุงพบว่าอัตราของเสียของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เท่ากับ 0.26% ซึ่งลดลงจากเดิมถึง 93.05% และงานวิจัย [12] ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์จับยึดในการติดตั้งและถอดใบพัดสำหรับเครื่องยนต์ในเครื่องบิน เพื่อลดเวลาในการประกอบติดตั้งหรือถอดประกอบเพื่อการซ่อมบำรุง เช่นเดียวกับ [13] ได้ออกแบบอุปกรณ์จับยึดเพื่อช่วยลดเวลาในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องบิน

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

ในการศึกษาการทำงานครั้งนี้เน้นไปที่กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ นั่นคือสลักเพลาลูกเบี้ยว (Pin Shaft) เนื่องจากมีการผลิตตามคำสั่งซื้อมากที่สุดในรอบ 1 ปี ดังนั้นจึงเข้าไปศึกษาการทำงานในแต่ละขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนสลักเพลาลูกเบี้ยว (Pin Shaft) เป็นไปตามรูปภาพที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนสลักเพลาลูกเบี้ยว (Pin Shaft)

3.2 การศึกษาเวลาการทำงานโดยวิธีจับเวลาโดยตรง

ทางผู้วิจัยใช้วิธีการศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study) โดยจับเวลาเพื่อหาค่าเฉลี่ยในการทำงาน 10 ครั้ง และความคลาดเคลื่อนของข้อมูลไม่เกิน $\pm 5\%$ ภายใน 95 % ของความเชื่อมั่น ซึ่งแสดงดังในตารางที่ 1

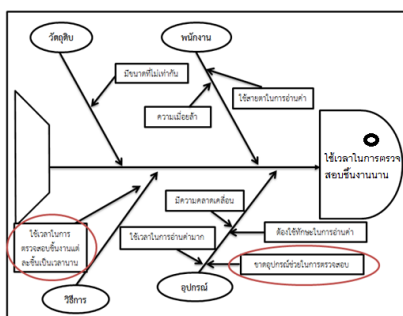
ตารางที่ 1 แสดงขั้นตอนและเวลาการผลิตสลักเพลาลูกเบี้ยว (Pin Shaft)

ลำดับ	ขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (วินาที)					รวม	ค่าเฉลี่ย (วินาที)
		1	2	3	4	5		
		6	7	8	9	10		
1	กิ่งปลอกผิว และกิ่งเขาระรอง	77.49	79.53	78.86	78.00	77.43	783.18	78.32
		77.78	77.65	79.66	77.89	78.89		
2	กิ่งปลอกผิว และกิ่งเกลียว	98.65	99.56	97.48	98.87	99.67	987.98	98.80
		98.56	99.65	99.47	97.53	98.54		
3	กิ่งแปดหน้า	85.85	89.38	87.25	85.94	85.40	870.23	87.02
		85.77	88.43	87.23	85.44	89.54		
4	ตรวจสอบ เบื้องต้น	71.69	71.85	71.94	72.13	72.64	719.61	71.96
		72.24	71.67	71.59	72.09	71.77		
5	ตรวจสอบขั้นสุดท้าย (QC final)	157.25	155.03	158.47	155.83	155.24	1,566.22	156.62
		155.44	158.87	152.44	157.98	159.67		
รวม							4,927.22	492.72

จากการศึกษาทางด้านเวลาจะว่าได้ว่าขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (QC Final) เวลาการตรวจสอบมากกว่าขั้นตอนอื่น ซึ่งในขั้นตอนต่อไปต้องศึกษางานย่อยของขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายพร้อมทั้งวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา

3.3 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา

จากการเข้าไปศึกษาการทำงานในขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย(QC Final) ของกระบวนการผลิตสลักเพล (Pin Shaft) พบว่าใช้เวลาในการตรวจสอบนาน โดยปัญหาหลักเกิดจากตำแหน่งที่ต้องทำการวัดทั้งหมด 16 จุด และใช้เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานในแต่ละจุดนาน รวมถึงขาดอุปกรณ์ที่ช่วยในการตรวจสอบ ซึ่งแสดงออกโดยใช้แผนผังเหตุและผล ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงถึงสาเหตุที่ใช้เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานนาน

3.4 การศึกษางานย่อยของขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (QC Final)

จากการเข้าไปศึกษางานย่อยของขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายพบว่ามีเครื่องมือในการวัดระยะของชิ้นงานทั้งหมด 3 อุปกรณ์ได้แก่ ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper) และไฮเกจ (Height Gauge) โดยจะมีการวัดระยะต่างๆ เพื่อตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 16 ตำแหน่ง เนื่องจากชิ้นงานสลักเพล มีความซับซ้อนของขนาดที่แตกต่างกัน ซึ่งชิ้นงานมีลักษณะดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชิ้นงานสลักเพล (Pin Shaft) ที่ต้องทำการตรวจสอบ

หลังจากนั้นจึงทำการศึกษาเวลาของงานย่อยในการตรวจสอบชิ้นงานทั้ง 16 ขั้นตอน โดยการจับเวลา 10 ครั้ง โดยความคลาดเคลื่อนของข้อมูลไม่เกิน $\pm 5\%$ ภายใน 95 % ของความเชื่อมั่น หลังจากนั้นจึงนำค่าเฉลี่ยไปหาเวลาปกติของการทำงาน (Normal Time) โดยใช้การประเมินอัตราความเร็วของพนักงานด้วยวิธี (Westinghouse System of Rating) [14] ซึ่งแบ่งองค์ประกอบความเร็วในการทำงานเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านทักษะในการทำงาน ความพยายาม สภาพการทำงานและความสม่ำเสมอในการทำงาน ซึ่งผลของการประเมินอัตราความเร็วในการทำงานของพนักงานแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประเมินอัตราความเร็วในการทำงานของพนักงาน

องค์ประกอบความเร็ว	คะแนนที่ได้จากการประเมิน
ทักษะ	B1(ดีมาก) = + 0.10
ความพยายาม	B1(ดีมาก) = + 0.10
สภาพเงื่อนไขของการทำงาน	E(พอใช้) = - 0.03
ความสม่ำเสมอ	B(ดีมาก) = + 0.03
ผลรวม	+ 0.20

จากคะแนนในตารางพบว่าพนักงานมีความชำนาญและมีความสม่ำเสมอในการทำงานดีมาก เนื่องจากทำงานในส่วนนี้มาเป็นเวลานาน หลังจากประเมินอัตราความเร็วในการทำงานแล้วจึงคำนวณหาเวลาการทำงานปกติ (Normal Time) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เวลาเฉลี่ยและเวลาปกติในการทำงานก่อนปรับปรุง

ขั้นตอนย่อย(งานย่อย)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	อัตราความเร็ว ในการทำงาน	เวลาปกติ (วินาที)
1. ใช้โอเกะ วัดจุดที่ 1	6.05	1.20	7.26
2. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 2	6.82	1.20	8.18
3. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 3	5.38	1.20	6.46
4. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 4	6.27	1.20	7.52
5. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 5	9.39	1.20	11.27
6. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 6	8.5	1.20	10.20
7. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 7	9.66	1.20	11.59
8. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 8	10.53	1.20	12.64
9. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 9	5.52	1.20	6.62
10. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 10	6.69	1.20	8.03
11. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 11	12.82	1.20	15.38
12. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 12	13.53	1.20	16.24
13. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 13	11.69	1.20	14.03
14. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 14	11.42	1.20	13.70
15. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 15	15.46	1.20	18.55
16. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 16	13.64	1.20	16.37
รวม	154.37	-	184.24

จากนั้นจึงกำหนดค่าเผื่อในการทำงาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินค่าเผื่อในการทำงานไว้ 15 % และนำค่าเผื่อไปคำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) ในการทำงานในขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายซึ่งแสดงดังตารางที่ 5

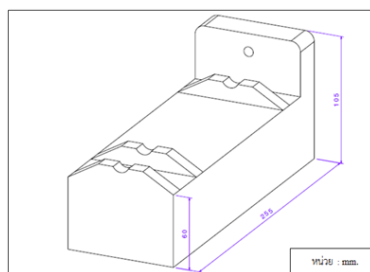
ตารางที่ 5 การคำนวณหาเวลามาตรฐานของการทำงานก่อนปรับปรุง

ขั้นตอนย่อย(งานย่อย)	เวลาปกติ (วินาที)	เวลา เผื่อ	เวลา มาตรฐาน (วินาที)
1. ใช้โอเกะ วัดจุดที่ 1	7.26	1.15	8.35
2. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 2	8.18	1.15	9.41
3. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 3	6.46	1.15	7.42
4. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 4	7.52	1.15	8.65
5. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 5	11.27	1.15	12.96
6. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 6	10.20	1.15	11.73
7. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 7	11.59	1.15	13.33
8. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 8	12.64	1.15	14.53
9. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 9	6.62	1.15	7.62
10. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 10	8.03	1.15	9.23
11. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 11	15.38	1.15	17.69
12. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 12	16.24	1.15	18.67
13. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 13	14.03	1.15	16.13
14. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 14	13.70	1.15	15.76
15. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 15	18.55	1.15	21.33
16. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 16	16.37	1.15	18.82
เวลารวม	184.24	-	211.63

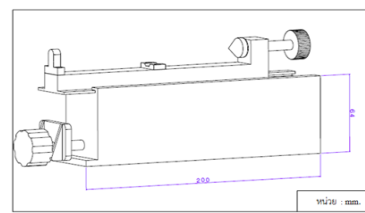
จากการศึกษาข้อมูลงานย่อยของขั้นตอนการตรวจสอบครั้งสุดท้าย (QC Final) พบว่ามีการใช้เครื่องมือวัดหลายตำแหน่งจึงทำให้ขั้นตอนการตรวจสอบครั้งสุดท้ายใช้เวลามากที่สุดในการผลิตสลักเพลลา (Pin Shaft) ซึ่งแนวทางต่อไปต้องลดเวลาในขั้นตอนการตรวจสอบครั้งสุดท้ายให้น้อยลงกว่าเดิม โดยแนวทางในการลดเวลานั้นคือ การออกแบบอุปกรณ์การจับยึด (Fixture) เพื่อช่วยลดเวลาในการตรวจสอบให้น้อยลง ซึ่งจะทำให้เวลาในการผลิตโดยรวมลดลงและสามารถเพิ่มผลผลิตในการผลิตชิ้นงานสลักเพลลา (Pin Shaft) ได้

3.5 การออกแบบอุปกรณ์จับยึดเพื่อลดเวลาในการตรวจสอบ

ทางทีมผู้วิจัยได้ร่วมกับสถานประกอบการเพื่อหาวิธีการทำงานที่สะดวก รวดเร็ว และง่ายสำหรับการผลิตชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพ โดยต้องคงความแม่นยำเพื่อความถูกต้องในการอ่านค่าของพนักงาน [15][16]ออกแบบเครื่องมือจับยึด (Fixture) เพื่อช่วยลดเวลาในการตรวจสอบชิ้นงานมาใช้งาน 2 ชิ้น ได้แก่ อุปกรณ์จับยึดที่ใช้กับเวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper) และอุปกรณ์จับยึดที่ติดตั้งพร้อมกับไมโครมิเตอร์ (Micrometer) [17][18] ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 อุปกรณ์จับยึดที่ใช้เครื่องมือวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์



รูปที่ 5 อุปกรณ์จับยึดที่ติดตั้งพร้อมกับไมโครมิเตอร์

การออกอุปกรณ์จับยึดชิ้นที่ 1 เป็นแบบที่ใช้ในการตรวจสอบโดยเวอร์เนีย คาลิปเปอร์ การใช้งานจะวางชิ้นงานลงบนตัวแบบ โดยจะมีศูนย์ชิ้นงานเพื่อให้ทราบว่ชิ้นงานที่วางจะวางตรงย่นศูนย์หรือไม่ ถ้าวางไม่ตรงจะทำให้ทราบว่ชิ้นงานมีความผิดพลาด ส่วนการออกแบบอุปกรณ์ชิ้นที่ 2 เป็นแบบที่ใช้ในการตรวจสอบด้วยไมโครมิเตอร์ (Micrometer) ซึ่งจะนำไมโครมิเตอร์ยึดติดกับอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน การใช้งานจะนำเหล็กสลักเพลาลงในตัวชิ้นงานจะมีศูนย์ยันชิ้นงานทั้งสองข้างเพื่อไม่ให้ชิ้นงานเลื่อน ส่วนด้านฐานตัวที่ใช้ใส่ตัวชิ้นงานสลักเพลจะสามารถเลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้โดยที่ทำให้ตัวไมโครมิเตอร์อยู่กับที่ส่วนตัวไมโครมิเตอร์จะมีตัวยึดไม่ให้เกิดการวัดมีความผิดพลาด ซึ่งการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้นนี้จะสามารถช่วยลดเวลาในการใช้มือจับชิ้นงานและการอ่านค่าให้มีความสะดวกและรวดเร็วขึ้นกว่าเดิม

3.6 การคัดเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ

ในการคัดเลือกอุปกรณ์ในการออกแบบครั้งนี้ต้องการคุณสมบัติการใช้งานที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยวัสดุของอุปกรณ์ทั้งสองนั้นจะเน้นคุณสมบัติการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป โดยอุปกรณ์จับยึดที่ใช้เครื่องมือวัดเวอร์เนียคาลิปเปอร์จะเน้นคุณสมบัติด้านความแข็งแรง และคุณสมบัติด้านการเสียดสี ดังในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้กับอุปกรณ์ช่วยจับยึดที่ใช้กับวัดเวอร์เนียคาลิปเปอร์

ชื่ออุปกรณ์	คุณสมบัติด้านดูแลรักษา	คุณสมบัติด้านน้ำหนัก
อุปกรณ์จับยึดที่ใช้เครื่องมือวัดเวอร์เนียคาลิปเปอร์	อุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบต้องมีการดูแลรักษาที่ง่าย ถ้าในกรณีมีเศษเหล็กหรือเศษผงไปติดอยู่ในตัวอุปกรณ์จะทำให้อุปกรณ์ช่วยวัดขนาดชิ้นงานเกิดความคลาดเคลื่อนขณะตรวจสอบชิ้นงานและทำให้เกิดการทำความสะอาดอยู่เสมอ	อุปกรณ์ควรจะมีน้ำหนักพอเหมาะกับการใช้งาน ซึ่งถ้ามีน้ำหนักมากเกินไปจะทำให้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายยาก แต่ถ้าอุปกรณ์มีน้ำหนักเบาเกินไปจะทำให้อุปกรณ์มีการเคลื่อนเมื่อวัดชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดขณะวัดชิ้นงานได้

ส่วนอุปกรณ์จับยึดที่ติดตั้งพร้อมกับไมโครมิเตอร์จะเน้นคุณสมบัติด้านน้ำหนักและการดูแลรักษาที่ง่าย โดยจะแสดงดังในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้กับอุปกรณ์ช่วยจับยึดที่ติดตั้งพร้อมกับไมโครมิเตอร์

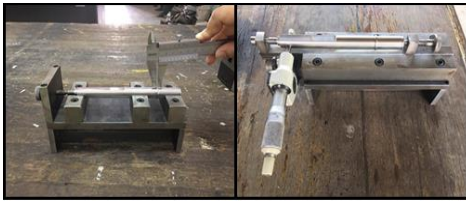
ชื่ออุปกรณ์	คุณสมบัติด้านความแข็งแรง	คุณสมบัติด้านการเสียดสี
อุปกรณ์จับยึดที่ติดตั้งพร้อมกับไมโครมิเตอร์	อุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบ ต้องสามารถรับแรงที่มากกระทำโดยที่อุปกรณ์ยังคงสภาพเดิมไม่ให้อุปกรณ์โดยเฉพาไมโครมิเตอร์ที่ถูกติดตั้งพร้อมกับอุปกรณ์เกิดความเสียหาย	ตัวชิ้นงานจะถูกวางบนอุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบ เมื่อใช้งานเป็นระยะเวลานาน จะเกิดการขัดถูและเสียดสีกัน ดังนั้นจึงต้องการวัสดุที่ทนต่อการเสียดสี

เนื่องจากวัสดุที่จะใช้ทำตัวอุปกรณ์ช่วยตรวจสอบขั้นตอนในขั้นตอนสุดท้าย (QC Final) ของชิ้นงานสลักเพล (Pin Shaft) นั้นต้องมีคุณสมบัติที่มีความแข็งแรง ทนต่อการเสียดสี ราคาไม่สูง ดูแลรักษาได้ง่าย และต้องมีน้ำหนักที่พอดี เพราะฉะนั้นคุณสมบัติที่ทำการสรุปมาเลือกต้องมีความเหมาะสมในด้านความแข็งแรง เหมาะสมมากในด้านทนต่อการเสียดสีและ มีความเหมาะสมมากที่สุดในด้านของราคา ดังนั้นจึงได้หารือกับสถานประกอบการและเลือก เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ SS400 มาใช้เป็นวัสดุในการทำตัวอุปกรณ์ช่วยตรวจสอบ เนื่องจากมีราคาไม่สูงและมีคุณสมบัติการใช้งานที่เป็นมาตรฐานเหมาะสมกับการนำมาใช้งานในครั้งนี้

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 การนำอุปกรณ์ไปใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย

จากการได้นำอุปกรณ์ช่วยในขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (QC Final) พบว่าสามารถช่วยลดเวลาในการทำงานได้จริง พนักงานสามารถวัดและอ่านค่าของชิ้นงานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น โดยตัวอย่างของการใช้งานจริงแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 นำอุปกรณ์จับยึดไปใช้ในการทำงานจริง

4.2 การศึกษาด้านเวลาหลังการปรับปรุงการทำงาน

จากการนำอุปกรณ์ผลที่ได้คือเวลาในขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (QC Final) พบว่าพนักงานสามารถใช้งานได้รวดเร็วและสะดวกในการวัดและอ่านค่ามากยิ่งขึ้น และใช้เวลาที่ลดลงเมื่อเทียบกับการทำงานในแบบเดิมที่ไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบ ทำให้กระบวนการมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถึงแม้ว่าการทำงานจะใช้เวลาลดลงแต่พนักงานยังไม่คุ้นเคยกับอุปกรณ์ใหม่ ดังนั้นการค่าเวลาปกติจะต้องมีการประเมินอัตราความเร็วในการทำงานของพนักงาน ซึ่งตารางการประเมินอัตราความเร็วในการทำงานของพนักงานแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การประเมินอัตราความเร็วในการทำงานพนักงานหลังปรับปรุง

องค์ประกอบความเร็ว	คะแนนที่ได้จากการประเมิน
ทักษะ	C1 (ดี) = + 0.06
ความพยายาม	B1 (ดีมาก) = + 0.10
สภาพเงื่อนไขของการทำงาน	E (พอใช้) = - 0.03
ความสม่ำเสมอ	D (เฉลี่ย) = 0.00
ผลรวม	= + 0.13

จากการประเมินอัตราความเร็วในการทำงานพนักงานหลังปรับปรุงพบว่าทักษะของพนักงานลดลงและความสม่ำเสมอลดลงเนื่องจากทักษะในการใช้อุปกรณ์จับยึดยังมีไม่มาก แต่โดยรวมอัตราความเร็วของพนักงานยัง +13% ซึ่งหากพนักงานมีการใช้งานอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องจะทำให้ค่าประเมินอัตราความเร็วหลังปรับปรุงการทำงานจะเพิ่มขึ้นและใกล้เคียงกับการทำงานก่อนปรับปรุง ซึ่งแสดงดังในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เวลาเฉลี่ยและเวลาปกติในการทำงานหลังการปรับปรุง

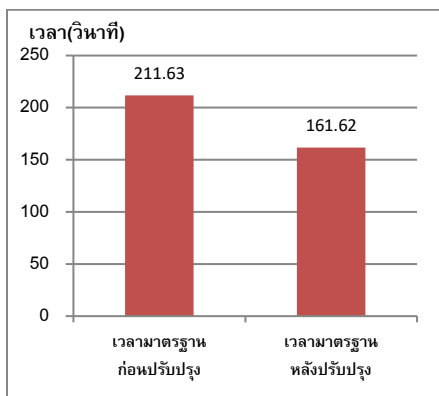
ขั้นตอนย่อย(งานย่อย)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	อัตราความเร็วในการทำงาน	เวลาปกติ (วินาที)
1. ใช้ไฮเกจ วัดจุดที่ 1	5.92	1.13	6.69
2. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 2	5.78	1.13	6.53
3. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 3	4.54	1.13	5.13
4. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 4	4.33	1.13	4.89
5. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 5	7.38	1.13	8.34
6. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 6	6.62	1.13	7.48
7. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 7	6.23	1.13	7.04
8. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 8	6.39	1.13	7.22
9. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 9	4.43	1.13	5.01
10. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดจุดที่ 10	5.47	1.13	6.18
11. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 11	10.73	1.13	12.12
12. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 12	12.47	1.13	14.09
13. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 13	9.41	1.13	10.63
14. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 14	9.53	1.13	10.77
15. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 15	13.45	1.13	15.20
16. ใช้ไมโครมิเตอร์ จุดที่ 16	11.71	1.13	13.23
รวม	124.39	-	140.55

ในด้านของเวลาเผื่องานนี้ยังกำหนดให้เท่ากันกับการทำงานก่อนปรับปรุงเนื่องจากไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนค่าเผื่อจากการทำงานในครั้งนี้ และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเวลามาตรฐานดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การคำนวณหาเวลามาตรฐานของการทำงานหลังปรับปรุง

ขั้นตอนย่อย(งานย่อย)	เวลาปกติ (วินาที)	เวลาเผื่อ	เวลามาตรฐาน (วินาที)
1. ใช้ไฮเกจ วัดจุดที่ 1	6.69	1.15	7.69
2. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 2	6.53	1.15	7.51
3. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 3	5.13	1.15	5.90
4. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 4	4.89	1.15	5.62
5. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 5	8.34	1.15	9.59
6. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 6	7.48	1.15	8.60
7. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 7	7.04	1.15	8.10
8. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 8	7.22	1.15	8.30
9. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 9	5.01	1.15	5.76
10. ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดจุดที่ 10	6.18	1.15	7.11
11. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 11	12.12	1.15	13.94
12. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 12	14.09	1.15	16.20
13. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 13	10.63	1.15	12.22
14. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 14	10.77	1.15	12.39
15. ใช้ไมโครมิเตอร์ วัดจุดที่ 15	15.20	1.15	17.48
16. ใช้ไมโครมิเตอร์ จุดที่ 16	13.23	1.15	15.21
เวลารวม	140.55	-	161.62

จากการเก็บข้อมูลทางด้านเวลาหลังจากนำอุปกรณ์ช่วยจับยึดเข้าไปใช้ในกระบวนการตรวจสอบในขั้นตอนสุดท้าย (QC Final) พบว่าเวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำงานนั้นลดลงซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับกราฟที่ได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบเวลามาตรฐานก่อนและหลังปรับปรุง

จากนั้นจึงนำข้อมูลด้านเวลาที่ได้หลังจากการใช้งานจริง สรุปเป็นตารางเพื่อหาผลต่างของเวลาที่ลดลงไปโดยแสดงดังในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบเวลามาตรฐานที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบครั้งสุดท้ายของสลักเพลาก่อนและหลังปรับปรุง

การเปรียบเทียบกับเวลามาตรฐาน	เวลา (วินาที)
เวลามาตรฐานในขั้นตอนการตรวจสอบครั้งสุดท้ายก่อนการปรับปรุง	211.63
เวลามาตรฐานในขั้นตอนการตรวจสอบครั้งสุดท้ายหลังการปรับปรุง	161.62
เวลาที่ลดลง	50.01

5.สรุปผลดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการผลิต ของบริษัทกรณีศึกษาพบว่า กระบวนการผลิตสลักเพลา (Pin Shaft) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักของสถานประกอบการ ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบครั้งสุดท้าย (QC Final) ใช้

เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานนาน ทางบริษัทกรณีศึกษาต้องการลดเวลาในการผลิตโดยรวมลงลงเมื่อเข้าไปศึกษา พบว่า พนักงานขาดอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำงาน จึงทำให้การวัดและอ่านค่าทั้งหมด 16 ตำแหน่ง ใช้เวลาโดยรวมนานกว่าขั้นตอนอื่น ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงานโดยออกแบบอุปกรณ์ช่วยจับยึดทั้งหมด 2 อุปกรณ์ โดยแบ่งการทำงานเป็น อุปกรณ์จับยึดสำหรับใช้กับเวอร์เนียคาลิปเปอร์ และอุปกรณ์จับยึดที่ติดตั้งพร้อมกับไมโครมิเตอร์ หลังจากนำอุปกรณ์ทั้งสองเข้ามาใช้ในการทำงานจริงพบว่า เพิ่มความสะดวกให้การจับและการวัดเพื่ออ่านค่าได้เร็วมากยิ่งขึ้น โดยใช้เวลาในการทำงานลดลง โดยขั้นตอนการตรวจสอบครั้งสุดท้ายใช้ก่อนปรับปรุง 211.63 วินาทีต่อชิ้น ลดลงเหลือ 161.62 วินาทีต่อชิ้น ลดลง 50.01 วินาทีต่อชิ้น คิดเป็น 23.63 %

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจ ธุรกิจและเศรษฐกิจฐานราก ธนาคารออมสิน, Industry Update, ข้อมูลจาก https://www.gsb.or.th/getattachment/07c2aa6e-9bc2-4682-8a9e-90b057178223/motor_61_62.aspx. (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 กุมภาพันธ์ 2563)
- [2] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, SME ก้าวทันกระแสยานยนต์ 2561, ข้อมูลจาก <https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/KSMEAnalysis/Documents/ThaiAutomotive4.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 กุมภาพันธ์ 2563)
- [3] วันชัย จิรวิณิช ,การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2545.
- [4] พิศุทธิ์ พงษ์ชัยพัญ์, การควบคุมคุณภาพสำหรับวิศวกร, กรุงเทพฯ: ทอปล; 2558.
- [5] ศุภชัย นาทะพันธ์, การควบคุมคุณภาพ, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2551.
- [6] นิศากร สมสุข วรลักษณ์, จันทรกระจ่าง และสมบัติ ทิฆมทรัพย์, การออกแบบทางวิศวกรรม,

- วารสารก้าวหน้าโลกวิทยาศาสตร์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 2, 2550, หน้า 28-36.
- [7] International Technology and Engineering Educators Association . Standard for Technology Literacy, 3rd edition, ITEEA, 2007.
- [8] เชกสรร สิงห์รณ, กิ่งกาญจน์ กิตติสุนทรโรภาส, ภูมิ พรประเสริฐ, และเกียรติศักดิ์ พระเนตร, การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยเทคนิคการออกแบบอุปกรณ์จับยึด, เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ.2561; 23-26 กรกฎาคม พ.ศ. 2561; โรงแรมสุนีย์แกรนด์ไฮเต็ล แอนด์คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์. อุบลราชธานี; 2561. หน้า 560-567.
- [9] Ankitesh Shrivastavaand, Ajay Verma, Implementation of Improved Jigs and Fixtures in the Production of Non-Active Rotary Paddy Weeder, Science, Technology and Arts Research Journal, Vol. 5(2), 2014.pp. 152-157.
- [10] Bing Li, Ying Hu, Hui Tang, Hongjian Yu and Hong Hu, A Comparative Study on Quality Design of Fixture Planning for Sheet Metal Assembly, Journal of Engineering Design, Vol 19(1), 2008. pp. 1-13.
- [11] จันท์ทา นาควชิตรระกูล, เกษม พิพัฒน์ ปัญญาณกุล, โรสมารินทร์ สุขเกษม และมนิรัตน์ จันท์คำ, การประยุกต์หลักการ DMAIC เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนประตูเครื่องปั้นพาดินชัย, เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ.2561; 23-26 กรกฎาคม พ.ศ. 2561; โรงแรมสุนีย์แกรนด์ไฮเต็ลแอนด์คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์. อุบลราชธานี; 2561. หน้า 227-231.
- [12] Thomas Papastathis, Marco Ryll, Stuart Bone and Svetan Ratchev, Development of a Reconfigurable Fixture for the Automated Assembly and Disassembly of High Pressure Rotors for Rolls-Royce Aero Engines, 5th IFIP WG 5.5 International Precision Assembly Seminar (IPAS 2010), 2010. pp. 283-289.
- [13] Kunal Umakant Verule, K. S. Zakiuddin, P. S. Kadu and Gaurav P. Shukla, A Review Paper on Design, Analysis and Manufacturing of Fixtures for Aerospace Component, International Journal for Scientific Research & Development, Vol. 5(11), 2018. pp. 359-362.
- [14] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, การศึกษาทางอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ: ท้อป; 2550.
- [15] วชิรินทร์ สิทธิเจริญ,การออกแบบอุปกรณ์นำเจาะและจับงาน, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2558.
- [16] ศุภชัย รมยานนท์, การออกแบบอุปกรณ์นำเจาะและจับงาน, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2540.
- [17] วชิระ มีทอง, การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2551.
- [18] Hamad Mohammed Abouhenidi, Jig and Fixture Design, International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol 5(2), 2014.