



การพัฒนาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ ด้วยหลักการยศาสตร์และเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ Development of Bamboo Tube Sawing Machine by Ergonomics and Quality Function Deployment

สร้อยจิน จิตมันน์ ฐิติพร ชัยบ้านกุด ภัทธรณีย์ แจ่มใส บัญชา อริยะจรรยา

โรสมารินทร์ สุขเกษม และ ฤทธิวัลย์ จันทระสา*

Soyjeen Jitman, Thitipon Chaibankud, Pattanee Jamsai, Bancha Ariyajunya,

Rosemarin Sukhasem and Ruephwan Chantrasa*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

169 ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University,

169 Saensuk, Mueang, Chonburi 20131

*E-mail: ruephuw@eng.buu.ac.th, Tel.: 0-3810-2222

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ให้มีความเหมาะสมในการใช้งานตามหลักการยศาสตร์ด้วยการประยุกต์เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) จากการศึกษาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ที่ผู้ประกอบการใช้งานอยู่ในปัจจุบันพบปัญหาหลายประการ ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงานต่ำ การออกแบบไม่เหมาะสมต่อการใช้งานตามหลักการยศาสตร์และความปลอดภัย งานวิจัยจึงได้ประยุกต์วิธี RULA เพื่อประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานกับเครื่องจักรปัจจุบันพบว่าได้คะแนนเป็น 6 ซึ่งหมายถึงเริ่มเป็นปัญหาทางการยศาสตร์ จากนั้นจึงได้ประยุกต์เทคนิค QFD เพื่อเก็บรวบรวมความต้องการของผู้ใช้งานที่มีต่อเครื่องจักรและถ่ายทอดความต้องการให้เป็นคุณลักษณะเชิงเทคนิคของเครื่องจักร ผลจากการประยุกต์ QFD พบว่าคุณลักษณะเชิงเทคนิคที่มีระดับความสำคัญสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย มีระดับความดังของเสียงเหมาะสม และมีปริมาณฝุ่นลดลง จากนั้นจึงได้ออกแบบแนวคิดของเครื่องจักรจำนวน 3 แบบ และทำการประเมินคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีประเมินปัจจัย แนวคิดที่ได้รับการคัดเลือกได้ถูกนำไปออกแบบอย่างละเอียดโดยคำนึงถึงหลักการยศาสตร์ด้วย และได้สร้างขึ้นเป็นเครื่องจักรต้นแบบเพื่อทำการทดสอบและประเมินผล ผลการทดสอบด้านประสิทธิภาพพบว่าเครื่องจักรใหม่มีอัตราการตัดเป็น 5 กระบอก/นาที เพิ่มขึ้นจากเดิม 25 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบวิธี RULA พบว่าเครื่องจักรใหม่มีคะแนนลดลงเป็น 4 หรือมีความเสี่ยงระดับ 2 และผลจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานได้คะแนนเป็น 4.46 จากคะแนนเต็ม 5 จัดอยู่ในระดับค่อนข้างมากถึงมากที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องเลื่อยไม้ไผ่; ไม้ไผ่; การพัฒนาผลิตภัณฑ์; การยศาสตร์; เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

ABSTRACT

The objective of this research is to design and develop a bamboo tube sawing machine used for baked sticky rice (Khoa Lam) according to ergonomic principles by applying the Quality Function Deployment technique (QFD). After studying the current machine used in the case study enterprise, many problems were found such as low operation efficiency, and poor machine design in terms of ergonomics and safety. Thus, this research employed RULA technique in order to assess the risks of postures that an operator performed when using the current machine. The RULA assessment indicated the risk level score at 6, which means that ergonomics problems were occurred. The research then applied QFD to collect user needs for the machine and translate these needs into the technical specifications of the machine. The results of QFD showed that the top three priorities of the technical specifications were having safety equipment, appropriate sound pressure level, and lower dust production. The 3 initial concepts of machine were then designed and evaluated to select the most appropriate one using factors rating method. The most preferred concept was then designed in detail by taking ergonomics into account. After that, the prototype of the new machine was constructed before testing and evaluating the results. Efficiency testing showed that the new machine had a sawing rate of 5 tubes per minute or 25 percent increasing from the current machine. The risk score of working postures was decreased to 4, or risk level of 2 when evaluating by RULA technique. User satisfaction assessment score was 4.46 out of 5, which was almost the highest level.

Keywords: Bamboo sawing machine; Khao lam; Product development; Ergonomics; Quality function deployment

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นนับว่ามีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในระดับชุมชน ซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ชลบุรีเป็นจังหวัดท่องเที่ยวชายฝั่งทะเลที่มีชื่อเสียงและเป็นเมืองหลักด้านอุตสาหกรรมและการค้าขายของภาคตะวันออก จังหวัดชลบุรีมีผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นซึ่งเป็นที่รู้จักกันแพร่หลาย ได้แก่ เครื่องจักรสาน พนัสนิคม ครกหินอ่างศิลา อาหารทะเลแปรรูป และข้าวหลามหนองมน เป็นต้น ข้าวหลามหนองมนเป็นผลิตภัณฑ์และเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจและสามารถสร้างรายได้ให้เกิดขึ้นกับชุมชนในพื้นที่ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ข้าวหลามเป็นขนมประจำท้องถิ่นที่ได้จากการนำข้าวเหนียว กะทิ น้ำตาล เกลือ โดยอาจจะเติมส่วนผสมอื่นๆ เช่น สังขยา เผือก ถั่ว เนื้อสัตว์ ผัก

หรือ ผลไม้มาบรรจุในกระบอกไม้ไผ่แล้วนำมาเผาหรือให้ความร้อนจนสุก [1]

สถานประกอบการกรณีศึกษาเป็นกิจการครัวเรือนที่ทำการผลิตข้าวหลามซื้อมีลักษณะเป็นข้าวหลามบรรจุในกระบอกไม้ไผ่สั้น มีความยาวประมาณ 100 มิลลิเมตร ทำให้สุกโดยการอบด้วยเตาอบที่ใช้แก๊ส แสดงดังรูปที่ 1 การผลิตข้าวหลามเริ่มต้นด้วยการเตรียมกระบอกไม้ไผ่ซื้อมีโดยมีพนักงาน 1 คนเป็นผู้เลื่อยตัดลำไม้ไผ่ให้เป็นกระบอกสั้น ในแต่ละวันจะเลื่อยตัดลำไม้ไผ่จำนวน 20-25 ลำ ซึ่งจะต้องตัดเป็นกระบอกไม้ไผ่ซื้อมีจำนวน 400 กระบอก เครื่องเลื่อยไม้ไผ่ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเป็นเครื่องเลื่อยที่ใช้แรงงานคนในการปฏิบัติงาน มีสภาพเก่าขาดอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยในการทำงาน มีเสียงดังและมีฝุ่นละอองเกิดขึ้นมากในขณะเลื่อยตัด พนักงานมีท่าทางการทำงานแบบซ้ำ ๆ ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานมีความ

เสี่ยงต่ออันตรายจากอุบัติเหตุ เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ เกิดการบาดเจ็บ มีผลกระทบทั้งทางร่างกายและจิตใจ ตลอดจนส่งผลให้การทำงานมีประสิทธิภาพต่ำ



รูปที่ 1 ข้าวหลามซีต

การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment; QFD) เป็นเทคนิคที่ช่วยในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งได้รับความสนใจและประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย QFD ช่วยถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าไปสู่คุณลักษณะเชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์ที่เป็นระบบและครบถ้วน ทำให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและผู้ใช้งานได้ดีที่สุด [2]

นอกจากนี้การออกแบบเครื่องมือให้ผู้ใช้งานสามารถปฏิบัติงานได้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์นับว่ามีความสำคัญเช่นเดียวกัน เนื่องจากจะช่วยให้การใช้งานเครื่องมือสอดคล้องกับสรีระร่างกายของผู้ใช้งาน ก่อให้เกิดความปลอดภัย สะดวกสบายและมีประสิทธิภาพในการใช้งานยิ่งขึ้น

RULA เป็นเทคนิคทางการยศาสตร์ที่ใช้ประเมินความเสี่ยงของแต่ละบุคคลจากลักษณะท่าทางการทำงาน โดยพิจารณาตำแหน่งและลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกาย [3] การนำ RULA มาช่วยประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานจะช่วยให้การออกแบบเครื่องมือมีความเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะออกแบบและพัฒนาเครื่องเลื่อยกระบอกข้าวหลามไม้ไผ่อย่างเป็นระบบ โดยการประยุกต์หลักการยศาสตร์และ QFD ให้ได้เครื่องเลื่อย

กระบอกไม้ไผ่ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน มีการใช้งานที่สอดคล้องกับท่าทางการทำงานตามหลักการยศาสตร์ มีความปลอดภัย ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของผู้ปฏิบัติงานได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีหลักที่ได้ประยุกต์ในงานวิจัยนี้มีหัวข้อและรายละเอียดดังนี้

2.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Development)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการอย่างเป็นระบบของกิจกรรมต่าง ๆ เริ่มต้นด้วยการกำหนดโอกาสของโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และสิ้นสุดลงที่การผลิตและการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 6 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

เฟส 0: การวางแผน เป็นขั้นตอนเริ่มต้นก่อนที่โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะถูกอนุมัติและเริ่มดำเนินการ ขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดโอกาส การประเมินสถานการณ์ด้านเทคโนโลยีและการตลาด

เฟส 1: การพัฒนาแนวคิด เป็นขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการ การกำหนดคุณลักษณะเชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์ การสร้างแนวคิดและคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสม

เฟส 2: การออกแบบเชิงระบบ เป็นขั้นตอนในการกำหนดสถาปัตยกรรมผลิตภัณฑ์ การออกแบบระบบย่อย โดยแสดงในลักษณะของรูปทรงเรขาคณิตของผลิตภัณฑ์

เฟส 3: การออกแบบรายละเอียด เป็นการออกแบบในรายละเอียดทางเทคนิคของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ นิยมแสดงในรูปของพิมพ์เขียวเพื่อใช้ในการผลิตและการจัดซื้อชิ้นส่วน

เฟส 4: การทดสอบและการปรับปรุง เป็นขั้นตอนในการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (prototype) เพื่อทดสอบรูปลักษณะ และการใช้งานของผลิตภัณฑ์ว่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่

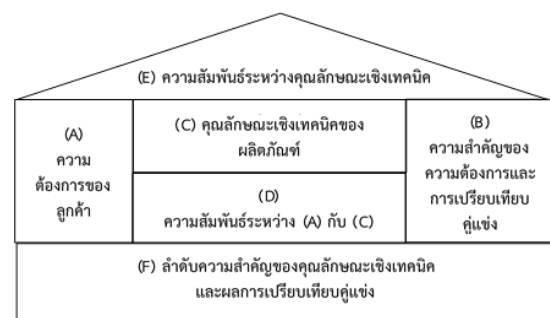
เฟส 5: การเริ่มต้นผลิต เป็นขั้นตอนในการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการผลิตที่กำหนดขึ้น และการฝึกพนักงานก่อนที่จะทำการผลิตจริงในปริมาณมาก [4, 5]

2.2 เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) เป็นเทคนิคในการศึกษาความต้องการของลูกค้า (customer needs) และการถ่ายทอดความต้องการให้เป็นคุณลักษณะเชิงเทคนิค (attributes) ของผลิตภัณฑ์และงานบริการ QFD ดำเนินการด้วยการสร้างบ้านคุณภาพ (house of quality) ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 6 ส่วน แสดงดังรูปที่ 3 การสร้างบ้านคุณภาพจะเริ่มต้นจากส่วน A ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมและกำหนดความต้องการของลูกค้า ส่วน B เป็นการประเมินความสำคัญและความพึงพอใจของลูกค้า ตลอดจนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์คู่แข่งขึ้น เพื่อกำหนดค่าคะแนนดิบปกติของความต้องการของลูกค้า ในส่วน C จะกำหนดคุณลักษณะเชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการลูกค้าแต่ละข้อ ในส่วน D เป็นการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างส่วน A และ C ด้วยสเกล 0, 1, 3, 9 ในส่วน E เป็นการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะเชิงเทคนิคที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกหรือเชิงลบต่อกัน ในส่วน F เป็นการคำนวณค่าคะแนนความสำคัญของคุณลักษณะเชิงเทคนิค (ค่าอิทธิพล) โดยคุณลักษณะเชิงเทคนิคที่มีค่าอิทธิพลสูง หมายถึง มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งในการออกแบบผลิตภัณฑ์ควรให้ความสำคัญต่อคุณลักษณะเชิงเทคนิคเหล่านี้ [2, 6]

งานวิจัยของประเทศไทยหลายฉบับได้นำเสนอการประยุกต์ QFD ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา ได้แก่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูโดยประยุกต์ QFD ร่วมกับการออกแบบการทดลอง เพื่อกำหนดส่วนผสมของกุนเชียงหมูให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค [7] งานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

กลุ่มวิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อออกแบบเครื่องปั้นดินเผาแบบใหม่ที่จะช่วยเพิ่มความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์และเพิ่มส่วนแบ่งตลาด [8] การพัฒนานวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก ในการแปรรูปเนื้อทุเรียนแห้ง โดยประยุกต์ QFD เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งต้นแบบที่สามารถตอบสนองความต้องการของชุมชนเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี [9] สำหรับงานวิจัยต่างประเทศได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาเบาะนั่งสำหรับผู้ขับขี่รถยนต์ได้ประยุกต์ QFD เป็นเครื่องมือถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าไปสู่แนวคิดของการออกแบบ และได้ใช้ RULA เพื่อประเมินท่าทางของผู้ขับขี่เพื่อปรับปรุงแนวคิดให้เหมาะสมต่อสรีระของผู้ขับขี่ได้ดีที่สุด [10]



รูปที่ 3 บ้านคุณภาพ

2.3 การประเมินด้วยวิธี RULA

การประเมินด้วยวิธี RULA (Rapid Upper Limb Assessment) เป็นเทคนิคทางกายศาสตร์ พัฒนาขึ้นโดย Lynn McAtamney และ Nigel Corlett ในปี ค.ศ. 1993 เพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานในท่านั่งหรือท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน

การประเมินด้วยวิธี RULA แบ่งการประเมินเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่ม A วิเคราะห์ท่าทางและการเคลื่อนไหวของแขนส่วนบน แขนส่วนล่างและข้อมือ และกลุ่ม B วิเคราะห์ท่าทางและการเคลื่อนไหวของ คอ ลำตัว และขา ทั้ง 2 ข้าง ผลลัพธ์สุดท้ายคือ ระดับความเสี่ยงของโรคที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อ ผลการประเมินแบ่งออกเป็น 4 ระดับตามช่วงคะแนน [3] แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินคะแนนความเสี่ยงรวมวิธี RULA [3]

คะแนน	ความหมาย
1-2	ยอมรับได้ แต่อาจจะมีปัญหาทางการยศาสตร์ได้ถ้ามีการทำงานดังกล่าวนานต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่าเดิม
3-4	ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะเป็นที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่
5-6	งานนั้นเริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
7 ขึ้นไป	งานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ และต้องมีการปรับปรุงทันที

สำหรับการประเมินด้วยวิธี RULA นักวิจัยหลายท่านได้นำไปใช้ประเมินความเสี่ยงจากลักษณะท่าทางการทำงานและวิเคราะห์แนวทางการปรับเปลี่ยนท่าทางการทำงานที่เหมาะสม ได้แก่ การปรับปรุงท่าทางนั่งทำงานของพนักงานในอุตสาหกรรมตีมีด [11] การปรับปรุงการทำงานในกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนด [12] การปรับปรุงการทำงานในการชุดแยกเลือดปลา ในอุตสาหกรรมการแปรรูปทูน่า [13] นอกจากนี้ วิธี RULA ได้นำไปประยุกต์ในการทดสอบผลการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในด้านการยศาสตร์ ได้แก่ การใช้ RULA ร่วมกับ สมการการยกของ NIOSH ในการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ยกผู้ป่วยที่ได้ออกแบบใหม่ ซึ่งพบว่าอุปกรณ์ชนิดใหม่ช่วยลดความเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงานเนื่องจากท่าทางการทำงานได้เป็นอย่างดี [14]

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ข้าวหลาม มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลของสถานประกอบการ

ขั้นตอนแรกของการวิจัยเป็นการศึกษาข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการกรณีศึกษา ซึ่งตั้งอยู่ ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี โดยศึกษาในด้านกระบวนการผลิตข้าวหลาม แผนผังสถานประกอบการ กำลังการผลิตในปัจจุบัน เป็นต้น ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ การสังเกตการทำงาน และการบันทึกภาพถ่ายและวิดีโอการปฏิบัติงาน

3.2 การศึกษาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ในปัจจุบัน

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ข้าวหลามที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันก่อนการปรับปรุงในรายละเอียดของเครื่องจักร ขั้นตอนการปฏิบัติงาน ประสิทธิภาพของเครื่องจักร สภาพการทำงาน และปัญหาของเครื่องจักร

3.3 การประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี RULA

ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินภาวะทางการยศาสตร์เบื้องต้น โดยวิเคราะห์ท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเลื่อยกระบอกไม้ไผ่จำนวน 1 คน ด้วยการใช้กล้องวิดีโอบันทึกลักษณะท่าทางการทำงานในทุกขั้นตอน และประเมินผลท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA

3.4 การเก็บรวบรวมความต้องการของผู้ใช้งาน

ขั้นตอนนี้เป็นการเก็บรวบรวมความต้องการของผู้ประกอบการที่มีต่อเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ โดยการใช้แบบสอบถามปลายเปิดสัมภาษณ์ผู้ประกอบการจำนวน 4 คน โดยมีข้อความแสดงดังรูปที่ 4

แบบสอบถามความต้องการการใช้งานเครื่องตัดกระบอกไม้ไผ่
 ชื่อ-นามสกุล หน้าที่การทำงาน

คำถาม

- ท่านใช้งานเครื่องตัดกระบอกไม้ไผ่เมื่อไร และใช้งานอย่างไร
- สิ่งที่ท่านชอบในเครื่องตัดกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้งานในปัจจุบัน / ใช้งานในสถานที่อื่น / ที่มีจำหน่ายอยู่ คืออะไร
- สิ่งที่ท่านไม่ชอบในเครื่องตัดกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้งานในปัจจุบัน / ใช้งานในสถานที่อื่น / ที่มีจำหน่ายอยู่ คืออะไร
- สิ่งที่ท่านต้องการให้ปรับปรุง หรือขอแนะนำในการปรับปรุงเครื่องตัดกระบอกไม้ไผ่ คืออะไร

รูปที่ 4 แบบสอบถามความต้องการของผู้ใช้งาน

ข้อความที่รวบรวมได้จะแปลงเป็นความต้องการ (customer statement) และจัดกลุ่มความต้องการที่คล้ายกันด้วยเทคนิค Affinity Diagram ความต้องการที่จัดกลุ่มแล้วจะนำไปสร้างเป็นข้อความปลายเปิดเพื่อให้ผู้ประกอบการจำนวน 4 คนประเมินระดับความสำคัญและความพึงพอใจเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับ QFD ต่อไป

3.5 การประยุกต์ QFD

ขั้นตอนนี้เป็น การประยุกต์เทคนิค QFD เพื่อกำหนด และจัดลำดับความสำคัญของคุณลักษณะเชิงเทคนิค ของเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ข้าวหลามโดยการสร้าง บ้านคุณภาพ ข้อมูลความต้องการ และผลการประเมิน ความต้องการที่ได้ในขั้นตอนที่ 4 จะนำมาใช้เป็นข้อมูล ในส่วน A และ B ของบ้านคุณภาพ คุณลักษณะเชิงเทคนิค ที่มีความสำคัญอันดับแรก ๆ ในส่วน F ของบ้านคุณภาพจะ นำไปเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ ข้าวหลามต่อไป

3.6 การออกแบบแนวคิดเครื่องจักร

ขั้นตอนนี้เป็น การสร้างสรรค์แนวคิดการออกแบบ (concept design) ของเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ข้าวหลาม โดยเริ่มต้นจากการพิจารณาจัดคุณลักษณะเชิงเทคนิคให้เป็น องค์ประกอบหลักของเครื่องจักร จากนั้นจึงกำหนดแนวทาง การออกแบบของแต่ละองค์ประกอบหลัก เทคนิค concept combination table [4] ได้นำมาใช้ในการจับคู่แนวทาง การออกแบบของแต่ละองค์ประกอบหลักให้เป็นแนวคิดการ ออกแบบทางเลือก

3.7 การคัดเลือกแนวคิดการออกแบบ

ขั้นตอนนี้เป็น การคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด (concept selection) จากแนวคิดทางเลือกที่ได้ออกแบบ ไว้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องจักรกลเป็น ผู้ประเมินคัดเลือก การคัดเลือกนี้ได้ใช้วิธีประเมินปัจจัยโดย กำหนดปัจจัยจากคุณลักษณะเชิงเทคนิคและให้ผู้เชี่ยวชาญ แต่ละท่านประเมินด้วยระดับคะแนน 1-5 และทำการรวม คะแนนโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต

3.8 การออกแบบละเอียดและการสร้างเครื่องจักรใหม่

แนวคิดการออกแบบที่มีคะแนนประเมินสูงสุดจะถูก ออกแบบอย่างละเอียดตามหลักการการยศาสตร์ ภาพร่าง ผลิตภัณฑ์ (product drawing) รายการชิ้นส่วน พิมพ์เขียว ของชิ้นส่วนจะถูกกำหนดขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลในการสร้าง เครื่องจักรใหม่

3.9 การประเมินผลการใช้งานของเครื่องจักรใหม่

ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทดสอบและประเมินผล การใช้งานเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ข้าวหลามเครื่องใหม่ โดยจะ

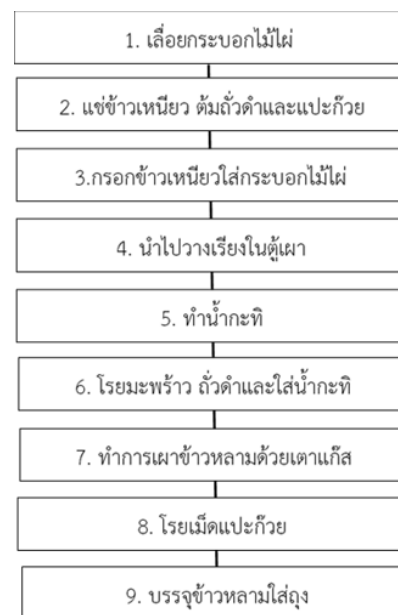
ทดสอบในด้านประสิทธิภาพของการเลื่อย ประเมินผล ทำท่างานด้วยเทคนิค RULA และการประเมินความ พึงพอใจของการใช้งาน

4. ผลการวิจัย

ผลจากการดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลของสถานประกอบการ

สถานประกอบการเป็นธุรกิจครัวเรือนผลิตข้าวหลาม ซื้อมาโดยวิธีการเผาอบด้วยเตาแก๊ส ขายปลีก และขายส่ง มีหน้าร้านอยู่ที่ชายหาดบางแสน ข้าวหลามที่ผลิตมี 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก Ø50-60 มม. ขนาดกลาง Ø60-70 มม. และขนาดใหญ่ Ø70-80 มม. มีพนักงาน 4 คน มีพื้นที่ 45 ตารางเมตร โดยจะผลิตเฉพาะวันศุกร์และวันเสาร์ ประมาณวันละ 400 กระบอก การทำข้าวหลามประกอบด้วย 9 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขั้นตอนการทำข้าวหลาม

ขั้นตอนวางเรียงข้าวหลามในตู้เผาอบ แสดงดังรูปที่ 6 โดยเตาเผาอบข้าวหลามที่ใช้งานอยู่มีจำนวน 2 เตา แต่ละ เตาสามารถบรรจุข้าวหลามได้ประมาณ 200 กระบอก



รูปที่ 6 ขั้นตอนการวางเรียงข้าวหลามในตู้เผา

4.2 ผลการศึกษาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ในปัจจุบัน

การเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ในปัจจุบันมีพนักงานผู้ชายทำงานประจำ 1 คน ไม้ไผ่ที่ใช้เป็นวัตถุดิบเป็นชนิดไผ่หาง โดยไม้ไผ่ 1 ลำ ยาวเฉลี่ย 6157 มม. สามารถตัดได้เฉลี่ยจำนวน 16 กระบอก ขั้นตอนการเลื่อยกระบอกไม้ไผ่เริ่มต้นโดยการขนลำเลียงกระบอกไม้ไผ่ใส่รถเข็นเพื่อย้ายไปยังตำแหน่งที่วางเครื่องจักรและสิ้นสุดที่ขั้นตอนการเช็ดทำความสะอาดชิ้นงานกระบอกไม้ไผ่ที่ตัดแล้ว ขั้นตอนการเลื่อยกระบอกไม้ไผ่แสดงดังรูปที่ 7

เครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันก่อนการปรับปรุง แสดงดังรูปที่ 8 มีอายุการใช้งาน 10 ปี ส่งผลผลิตขึ้นมาใช้งานโดยเฉพาะ จากการเก็บข้อมูลการเลื่อยกระบอกไม้ไผ่จำนวน 10 ลำ พบว่าไม้ไผ่มีความยาวเฉลี่ย 6157 มม. สามารถเลื่อยเป็นกระบอกได้สูงสุด 19 ชิ้น และต่ำสุด 13 ชิ้น มีค่าเฉลี่ย 16 ชิ้น/ลำ อัตราการเลื่อยไม้ไผ่เฉลี่ย 4 ชิ้น /นาท ความยาวกระบอกไม้ไผ่เฉลี่ย 98.5 มม. จากค่ามาตรฐานคือ 100 มม. คิดเป็นค่าความยาวเบี่ยงเบนจากมาตรฐาน 1.5% ชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องเลื่อยไม้ไผ่ก่อนปรับปรุง ได้แก่ 1. ไข่มอเตอร์ขนาดแรงม้า 746 วัตต์ ความเร็วรอบ 1410 รอบต่อนาที 2. ใบเลื่อยชนิด FTG เส้นผ่าศูนย์กลาง 230 มม. อายุการใช้งานของใบมีด 5 เดือน 3. ช่องป้อนกระบอกไม้ไผ่มีขนาด (กxยxส) 90x600x45 มม. 4. ฐานเครื่องเลื่อยมีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 540x750x620 มม. และ 5. ค้ำจับ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. ความยาว 380 มม.

ขั้นตอนที่ 1 ย้ายวัตถุดิบกระบอกไม้ไผ่ใส่รถเข็น
เคลื่อนที่ไปยังจุดเลื่อยกระบอกไม้ไผ่



ขั้นตอนที่ 2 วางกระบอกไม้ไผ่วางบนโครงเหล็กที่
ใช้รองเพื่อเตรียมการเลื่อยต่อไป



ขั้นตอนที่ 3 เปิดสวิตซ์ไฟฟ้าใช้งานเครื่อง



ขั้นตอนที่ 4 การเริ่มต้นเลื่อยกระบอกไม้ไผ่



ขั้นตอนที่ 5 ออกแรงกดเพื่อเลื่อยกระบอกไม้ไผ่
และทำความสะอาดภายในชิ้นงานที่ตัดแล้ว



รูปที่ 7 ขั้นตอนการตัดกระบอกไม้ไผ่



รูปที่ 8 เครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้ก่อนปรับปรุง

จะออกแรงกด และมือซ้ายจับยึดลำไม้ไผ่ให้มั่นคง เพื่อกด
ด้ามการจับ และเท้าทั้งสองข้างวางที่ฐานโครงเหล็กของ
เครื่องเลื่อย แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ท่าทางการเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ก่อนปรับปรุง

จากการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องเลื่อย
กระบอกไม้ไผ่ สามารถสรุปปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักรได้
ดังนี้

1. มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากมือ
ทั้งสองข้างของพนักงานอยู่ใกล้กับใบเลื่อยขณะที่ทำการ
เลื่อย และเครื่องจักรไม่มีการป้องกันขณะปฏิบัติงาน
2. ฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย ในขณะที่ตัดกระบอกไม้ไผ่
จะเกิดฝุ่นจากเศษไม้ไผ่ฟุ้งกระจายโดยรอบบริเวณพื้นที่
ทำงานในปริมาณมาก ต้องใช้พัดลมเพื่อช่วยระบายฝุ่นให้
ออกจากตัวพนักงาน
3. ระดับความดังเสียงมาก ขณะตัดกระบอกไม้ไผ่
จะมีระดับความดังเสียง 95 เดซิเบล เนื่องจากเครื่องเลื่อย
มีอายุการใช้งานนาน และไม่ได้ดูแลรักษาหรือเปลี่ยนใบมีด
ตามกำหนด
4. ความเสี่ยงจากท่าทางการทำงาน พนักงานเลื่อย
มีการทำงานซ้ำต้องใช้แรงกดในการเลื่อยชิ้นงาน ระดับความ
สูงของด้ามจับและฐานเครื่องไม่เหมาะสมกับการทำงานของ
พนักงานตามหลักการยศาสตร์

4.3 ผลการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี RULA

การศึกษานี้มุ่งเน้นประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี RULA
ในท่าทางที่พนักงานนั่งบนเก้าอี้ มือขวาจับด้ามจับพร้อมที่

ผลการประเมินวิธี RULA 16 ขั้นตอน [2] ในการ
วิเคราะห์ความเสี่ยงในท่าทางการเลื่อยกระบอกไม้ไผ่
สรุปผลว่ามีคะแนนรวม (total score) เป็น 6 จัดอยู่ใน
ความเสี่ยงระดับ 3 หมายถึง งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควร
ทำการศึกษาเพิ่มเติมและรีบดำเนินการปรับปรุงลักษณะงาน
ดังกล่าว โดยผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินวิธี RULA ก่อนการปรับปรุง

การประเมินท่าทาง	คะแนน	
	L	R
1. ตำแหน่งแขนส่วนบน	3	5
2. ตำแหน่งแขนส่วนล่าง	1	2
3. ตำแหน่งข้อมือ	3	1
4. การหมุนของข้อมือ	1	1
5. สรุปผลในตาราง A	6	
6. การใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือ	1	
7. การใช้แรงหรือภาระงาน	2	
8. Find Row in Table C	9	
9. ท่าทางของศีรษะและคอ	2	
10. ตำแหน่งของลำตัว	1	

ตารางที่ 2 (ต่อ) ผลการประเมินวิธี RULA ก่อนการปรับปรุง

การประเมินท่าทาง	คะแนน	
	L	R
11. ท่าทางของขาและเท้า	1	
12. สรุปผลในตาราง B	2	
13. การใช้แรงจากกล้ามเนื้อขาและเท้า	1	
14. แรงหรือภาระงานในส่วนขาหรือเท้า	0	
15. Find Column in Table C	3	
16. สรุปคะแนนรวม	6	

4.4 ผลการเก็บรวบรวมความต้องการของผู้ใช้งาน

ผลการเก็บรวบรวมความต้องการของสถานประกอบการที่มีต่อเครื่องเลื่อยไม้ไผ่ ทั้งการสัมภาษณ์จากแบบสอบถามปลายเปิด และการประเมินระดับความสำคัญและความพึงพอใจของความต้องการด้วยแบบสอบถามปลายปิด ได้ผลแสดงดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 มีจำนวนความต้องการรวมทั้งสิ้น 14 รายการโดยจัดเป็นกลุ่มความต้องการหลักได้ 3 กลุ่ม คะแนนระดับความสำคัญและระดับความพึงพอใจได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการประเมินความต้องการด้วยแบบสอบถามปลายปิดของพนักงานจำนวน 4 คน

ตารางที่ 3 ความต้องการเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่

กลุ่มความต้องการหลัก	ความต้องการ	ระดับความสำคัญ	ระดับความพึงพอใจ
การทำงานของเครื่อง	เครื่องขณะตัดชิ้นงานฝุ่นฟุ้งกระจายน้อย	5	1.6
	เครื่องตัดเสียงเบา	5	1.4
	เครื่องตัดใช้งานง่าย	2.8	3.6
	เครื่องตัดทำงานได้รวดเร็ว	2.4	3.4
	เครื่องตัดมีความถูกต้องแม่นยำ	2.6	3.4
การใช้งาน	เครื่องตัดจับชิ้นงานตัดได้ระยะในการตัดที่ต้องการ	1.8	4.2
	เครื่องตัดมีความปลอดภัยในระบบไฟฟ้า	4.2	1.6
	เครื่องตัดมีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย	5	1.2
ลักษณะทางกายภาพ	เครื่องตัดเคลื่อนย้ายสะดวก	2.8	2.4
	เครื่องตัดมีที่วางไม้ไผ่ที่เหมาะสม	2.2	4
	เครื่องตัดช่วยทุ่นแรงผู้ใช้งาน	2.4	4
	เครื่องตัดเหมาะสมในการตัดกระบอกไม้ไผ่โดยเฉพาะ	2	4.4
	เครื่องตัดลดความเมื่อยล้าในการทำงาน	3	3.4
	เครื่องตัดมีความแข็งแรงทนทาน	3.4	4

4.5 ผลการประยุกต์ QFD

ผลการประยุกต์ QFD แสดงในรูปบ้านคุณภาพได้ดังรูปที่ 10

ส่วน A แสดงความต้องการจำนวน 14 ข้อของเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่

ส่วน B แสดงค่าระดับคะแนนของความต้องการ โดย B1 ระดับความสำคัญ B2 ระดับความพอใจ ได้มาจากการคำนวณค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ประเมินโดยผู้ประกอบการจำนวน 4 คน B4 จุดมุ่งหมาย ได้กำหนดเป้าหมายของเครื่องเลื่อยไม้ไผ่ใหม่โดยมีค่าคะแนนเป็น 4 หมายถึงระดับสูงเท่ากันในทุกความต้องการ สำหรับค่า B5 อัตราส่วนการปรับปรุง และ B7 คะแนนดิบ คำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$B5(\text{อัตราส่วนการปรับปรุง}) = \frac{B4(\text{จุดมุ่งหมาย})}{B3(\text{ระดับความพอใจ})} \quad (1)$$

$$B7(\text{คะแนนดิบ}) = B1(\text{ความสำคัญ}) \times B5 \quad (2)$$

จากรูปที่ 9 ความต้องการที่มีคะแนนดิบปกติสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ เครื่องตัดมีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย (20.16) เครื่องตัดเสียงเบา (17.27) และเครื่องขณะตัดชิ้นงานฝุ่นฟุ้งกระจายน้อย (15.12)

ผลการประยุกต์ QFD ได้คุณลักษณะเชิงเทคนิคของเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่จำนวน 16 ข้อ การกำหนดค่าเป้าหมายคุณลักษณะเชิงเทคนิคจัดทำโดยการระดมสมองร่วมกันระหว่างผู้วิจัยกับสถานประกอบการโดยตั้งค่าให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน มีความเหมาะสมตามหลักวิชาการ โดยใช้ค่าเชิงเทคนิคของเครื่องจักรก่อนปรับปรุงเป็นค่าพื้นฐานในการตั้งค่าเป้าหมายของเครื่องจักรใหม่ให้ดีขึ้น คุณลักษณะเชิงเทคนิคที่มีค่าน้ำหนักปกติสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ มีอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยในอุบัติเหตุ (18.42) ระดับความเข้มของเสียง (15.61) และอุปกรณ์ควบคุมฝุ่น (13.66)

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

4.6 ผลการออกแบบแนวคิดเครื่องจักร

คุณลักษณะเชิงเทคนิคทั้ง 16 ข้อได้นำมาพิจารณา กำหนดให้เป็นองค์ประกอบหลักของเครื่องจักรได้ 7 ด้าน โดยแต่ละองค์ประกอบหลักได้กำหนดแนวทางการออกแบบ โดยการศึกษาจากทฤษฎี งานวิจัย และเครื่องจักรที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกัน แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การกำหนดองค์ประกอบหลักและแนวทางการออกแบบของเครื่องจักร

คุณลักษณะเชิงเทคนิค	องค์ประกอบหลัก	แนวทางการออกแบบ
จำนวนของเสียต่อครั้ง	ลักษณะใบมีด	ใบเลื่อยวงเดือนชนิด FTG ขนาด 9 นิ้ว
อายุของใบมีดตัด		
ระดับความดังของเสียง		
อัตราเร็วในการตัด	ระบบส่งกำลัง	- มอเตอร์ AC 220V 1 เฟส 1 HP - มอเตอร์ AC 220V 1 เฟส 2 HP
ระดับความพึงพอใจในการจับถนัดมือ	ลักษณะการตัดเฉือน	- ชิ้นงานเคลื่อนที่เข้าหาใบมีด - ใบมีดเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน
ระดับความพึงพอใจในการใช้งานง่าย		
ระดับการออกแรงในการตัด		
ระดับความเมื่อยล้าของร่างกายในการทำงาน		
ขนาดความยาวที่วางไม้ไฟขณะตัด	ฐานเครื่องตัด	เหล็กฉาก
มีที่จับยึดไม้ไฟขณะตัดไม่ให้กระดก		
ระดับความสะดวกในการบำรุงรักษา		
มีที่รองรับกระบอกไม้ไฟเมื่อตัดเสร็จ		
อุปกรณ์ควบคุมฝุ่น	การควบคุมฝุ่น	- การ์ดป้องกันฝุ่นฟุ้งกระจาย - เครื่องดูดฝุ่น

ตารางที่ 4 (ต่อ) การกำหนดองค์ประกอบหลักและแนวทางการออกแบบของเครื่องจักร

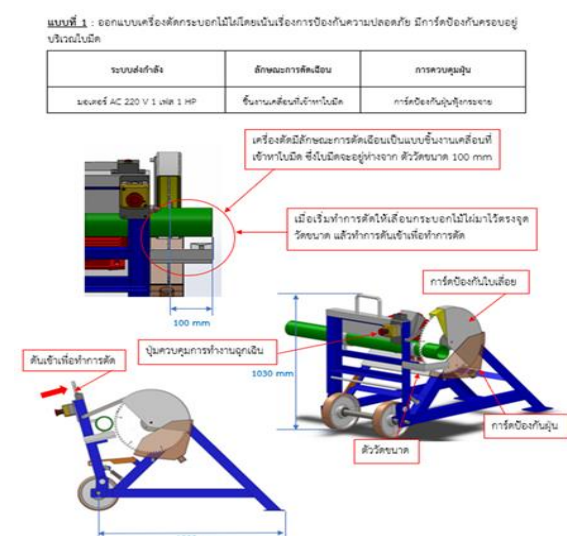
คุณลักษณะเชิงเทคนิค	องค์ประกอบหลัก	แนวทางการออกแบบ
มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย	อุปกรณ์ความปลอดภัย	การ์ดป้องกันใบเลื่อยและปุ่มควบคุมการทำงานฉุกเฉิน
มีอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยในระบบไฟฟ้า		
มีอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้าย	อุปกรณ์ช่วยเคลื่อนย้าย	ลูกล้อ

การกำหนดแนวคิดทางเลือก ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค Concept Combination Table โดยการจับคู่ระหว่างแนวทางการออกแบบของแต่ละองค์ประกอบหลักให้เกิดเป็นแนวคิดของเครื่องจักรขึ้นโดยพิจารณาความเป็นไปได้และความเหมาะสมในทางปฏิบัติ โดยงานวิจัยได้แนวคิดทางเลือกของเครื่องจักรจำนวน 3 แบบ ได้แก่

แบบที่ 1 : เน้นเรื่องการป้องกันความปลอดภัย มีการดป้องกันครอบอยู่บริเวณใบมีด (รูปที่ 11)

แบบที่ 2 : เน้นเรื่องการควบคุมฝุ่นและป้องกันความปลอดภัย รวมทั้งอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้าย (รูปที่ 12)

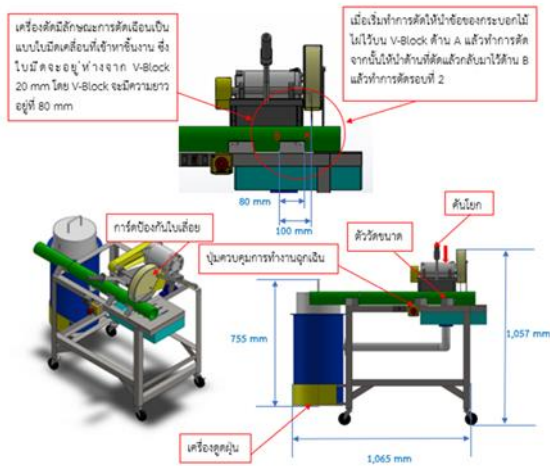
แบบที่ 3 : เน้นการควบคุมฝุ่น การป้องกันความปลอดภัยรวมทั้งอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้าย และการลดเวลาในการตัด (รูปที่ 13)



รูปที่ 11 การออกแบบแนวคิดเครื่องจักรแบบที่ 1

แบบที่ 2 : ออกแบบเครื่องจักรประกอบไม้โดยเน้นเรื่องการควบคุมและป้องกันความปลอดภัย รวมถึงอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้าย

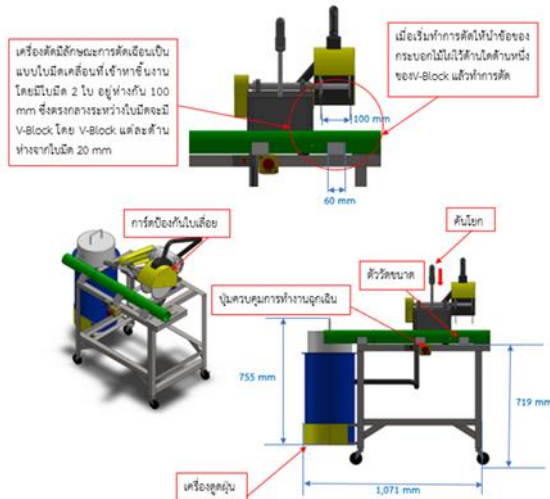
ระบบส่งกำลัง	ลักษณะการเคลื่อน	การควบคุม
มอเตอร์ AC 220 V 1 เฟส 1 HP	โมดูลเคลื่อนที่เข้าทำงาน	เครื่องดูดฝุ่น



รูปที่ 12 การออกแบบแนวคิดเครื่องจักรแบบที่ 2

แบบที่ 3 : ออกแบบเครื่องจักรประกอบไม้โดยเน้นเรื่องการควบคุม การป้องกันความปลอดภัย รวมถึงอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้าย และการดูแลความปลอดภัย

ระบบส่งกำลัง	ลักษณะการเคลื่อน	การควบคุม
มอเตอร์ AC 220 V 1 เฟส 2 HP	โมดูลเคลื่อนที่เข้าทำงาน	เครื่องดูดฝุ่น



รูปที่ 13 การออกแบบแนวคิดเครื่องจักรแบบที่ 3

4.7 การคัดเลือกแนวคิดการออกแบบ

การคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสม ได้ใช้วิธีประเมินปัจจัย โดยการกำหนดปัจจัย 7 ข้อ จากคุณลักษณะเชิงเทคนิคและได้เพิ่มปัจจัยที่ 7 ด้านต้นทุนของเครื่องจักรโดยให้ความสำคัญด้านต้นทุนมีค่าน้ำหนักเป็น 2 เท่าของปัจจัยอื่น

สำหรับค่าน้ำหนักของปัจจัยอื่นกำหนดให้มีค่าสอดคล้องกับค่าน้ำหนักของคุณลักษณะเชิงเทคนิคปกติ

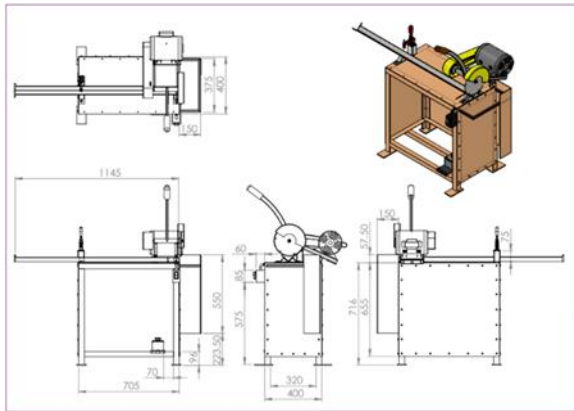
ในการประเมินคัดเลือกแนวคิดนี้ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องจักร 3 ท่าน ประเมินโดยการให้คะแนนด้วยสเกล 1-5 แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ผลการประเมินได้แนวคิดแบบที่ 2 มีค่าคะแนนรวมสูงสุดคือ 4.29 จึงพิจารณาคัดเลือกแนวคิดนี้ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การประเมินคัดเลือกการออกแบบแนวคิด

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	ค่าน้ำหนัก (%)	แบบที่ 1		แบบที่ 2		แบบที่ 3	
		คะแนนประเมินเฉลี่ย	ค่าน้ำหนัก	คะแนนประเมินเฉลี่ย	ค่าน้ำหนัก	คะแนนประเมินเฉลี่ย	ค่าน้ำหนัก
1. ความปลอดภัยในอุบัติเหตุ	26.7	2.67	0.71	4.67	1.25	3.33	0.89
2. การควบคุมฝุ่น	19.8	3.33	0.66	3.67	0.73	3.67	0.73
3. ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	7.9	3.00	0.24	4.00	0.32	4.00	0.32
4. ไม่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าในการทำงาน และเหมาะสมตามหลักกายศาสตร์	7.4	3.33	0.25	4.50	0.33	3.67	0.27
5. การใช้งานง่ายและสะดวก	5.7	3.67	0.21	4.67	0.27	4.00	0.23
6. ความสะดวกในการดูแลรักษา	3.9	3.67	0.14	4.33	0.17	3.67	0.14
7. ความเหมาะสมในเรื่องต้นทุนการสร้างเครื่องจักร	28.6	3.5	1.00	4.33	1.24	3.00	0.86
รวม	100		3.21		4.29		3.43

4.8 การออกแบบละเอียดและการสร้างเครื่องจักรใหม่

แนวคิดแบบที่ 2 ที่ได้รับการคัดเลือกได้นำมาออกแบบโดยเพิ่มเติมรายละเอียดที่ได้จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและพิจารณาความเหมาะสมด้านการยศาสตร์ร่วมด้วย โดยพิมพ์เขียวของเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไม่แสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 พิมพ์เขียวของเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่เครื่องใหม่

เครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ข้าวหลามใหม่หลังการปรับปรุงมีประเด็นการออกแบบและส่วนประกอบหลักของเครื่องจักรดังนี้

1. โครงสร้างของเครื่อง มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยม ทำมาจากเหล็กฉากมีขนาด ความกว้าง 400 มม. ยาว 705 มม. และสูง 710 มม. ซึ่งขนาดความสูงของเครื่องนี้พิจารณาให้เหมาะสมกับความสูงของเก้าอี้นั่งและเหมาะสมกับการทำงานในท่าทางนั่งท่าซ้าว ๆ เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการทำงานและลดความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น
2. อุปกรณ์ป้องกันฝุ่น มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยม ทำมาจากเหล็กแผ่นติดตั้งกับตัวเครื่อง เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่น ฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการตัดกระบอกไม้ไผ่ จะฟุ้งกระจายไปบริเวณรอบ ๆ ทำให้ป้องกันได้ยาก ตัวอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นอาจป้องกันได้เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น
3. อุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุ มีการเพิ่มการ์ดป้องกันอุบัติเหตุในส่วนของใบมีดและสายพาน มีการเพิ่มปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop) เพื่อป้องกันในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน
4. อุปกรณ์ในการตัด มีลักษณะการตัดเป็นแบบใบมีดเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน ทำงานโดยการนั่งตัด เก้าอี้ที่เลือกใช้ เป็นแบบกึ่งนั่งกึ่งยืน เพราะตัวเครื่องค่อนข้างสูง จะช่วยให้ผู้ใช้งานท่าทางการตัดที่เหมาะสม โดยวางชิ้นงานบน V-Block ใช้มือจับด้ามจับแล้วออกแรงกดเพื่อทำการตัดชิ้นงาน

มอเตอร์ที่เลือกใช้ขนาด AC 220 V 1 เฟส ½ HP เหมาะ
สำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือนขนาดเล็ก

5. Toggle clamp ได้ทำการออกแบบให้มี Toggle clamp เพื่อช่วยในการยึดกระบอกไม้ไผ่ให้แน่นในระหว่างการตัด ช่วยพุนแรงผู้ใช้งานทำให้เกิดความเมื่อยล้าลดลง แต่ข้อเสียคือ เพิ่มขั้นตอนในการทำงาน โดยจะใช้ Toggle clamp เมื่อต้องตัดกระบอกไม้ไผ่ที่มีขนาดยาวให้สั้นลงเหลือความยาวประมาณ 1000 มม.

6. ไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนที่ของเครื่อง การ
ออกแบบขั้นสุดท้ายไม่ได้เลือกใช้ลูกล้อช่วยในการเคลื่อนที่
เนื่องจากพื้นผิวบริเวณที่ใช้ในการเลี้ยวตัดมีลักษณะขรุขระ
ไม่เรียบ จึงไม่เหมาะในการติดลูกล้อ อาจส่งผลให้เกิด
อันตรายได้

เครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ต้นแบบเครื่องใหม่ได้สร้างขึ้น
เพื่อนำไปทดสอบการใช้งานด้วยงบประมาณต้นทุนวัตถุดิบ
ทั้งสิ้น 13,000 บาท แสดงดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 เครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ต้นแบบเครื่องใหม่

4.9 ผลการประเมินการใช้งานของเครื่องจักรใหม่

เครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่เครื่องใหม่ ได้ประเมินประสิทธิภาพการใช้งานโดยทดสอบการเลื่อยไม้ไผ่จำนวน 10 ลำ พบว่ามีอัตราการเลื่อยไม้ไผ่เฉลี่ย 5 กระบอก/นาที เวลาการเลื่อยเฉลี่ย 3.5 นาที/ลำไม้ไผ่ ความยาวโดยเฉลี่ยของกระบอกไม้ไผ่ 100.3 มม. คิดเป็นค่าความยาวเบี่ยงเบนจากมาตรฐาน 0.3%

ท่าทางการปฏิบัติงานเพื่อประเมินวิธี RULA แสดงดังรูปที่ 16 ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 6 สรุปผลว่าได้คะแนนรวม 4 จัดอยู่ในความเสี่ยงระดับ 2 หมายถึง การปฏิบัติงานนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะเป็นที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่จากผลการประเมินนี้ประเด็นสำคัญที่ทำให้ระดับความเสี่ยงลดลงคือ ตำแหน่งแขนขาส่วนบนทำมุมระหว่าง 20-45 องศา ให้คะแนนเท่ากับ 2 คะแนน และไม่มีการยกไหล่ เปรียบเทียบกับท่าทางการปรับปรุงที่ระดับของแขนขาส่วนบนทำมุมมากกว่า 90 องศา ให้คะแนนเท่ากับ 4 และมีการยกไหล่ ให้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน รวมคะแนนเป็น 5 ทั้งนี้เนื่องจากการปรับปรุงทรงและความสูงด้ามจับ ความสูงตัวเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ และความสูงเก้าอี้ที่นั่งให้มีความสัมพันธ์กัน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องเอื้อมมือจับด้าม อย่างไรก็ตาม ความสูงของเก้าอี้ทำให้ความสูงนั่งสูงกว่า popliteal height อยู่มาก ซึ่งไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งอาจปรับปรุงได้โดยการให้มีที่พักเท้าเสริมที่เก้าอี้หรือที่ตัวเครื่องเลื่อย



รูปที่ 16 ท่าทางการเลื่อยกระบอกไม้ไผ่หลังปรับปรุง

ตารางที่ 6 ผลการประเมินวิธี RULA หลังการปรับปรุง

การประเมินท่าทาง	คะแนน	
	L	R
1. ตำแหน่งแขนส่วนบน	2	2
2. ตำแหน่งแขนส่วนล่าง	1	2
3. ตำแหน่งข้อมือ	2	1
4. การหมุนของข้อมือ	1	1
5. สรุปผลในตาราง A	3	
6. การใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือ	1	
7. การใช้แรงหรือภาระงาน	2	
8. Find Row in Table C	6	
9. ท่าทางของศีรษะและคอ	1	
10. ตำแหน่งของลำตัว	1	
11. ท่าทางของขาและเท้า	1	
12. สรุปผลในตาราง B	1	
13. การใช้แรงจากกล้ามเนื้อขาและเท้า	1	
14. แรงหรือภาระงานในส่วนขาหรือเท้า	0	
15. Find Column in Table C	2	
16. สรุปคะแนนรวม	4	

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานจำนวน 1 คน ด้วยแบบประเมินซึ่งใช้ข้อคำถามจากความต้องการจำนวน 14 ข้อ พบว่า พึงพอใจระดับมากที่สุด 7 ข้อ ได้แก่ มีความถูกต้องแม่นยำในการทำงาน ลดความเมื่อยล้า มีความแข็งแรง เป็นต้น พึงพอใจระดับมาก 6 ข้อ ได้แก่ ใช้งานง่าย ทำงานได้รวดเร็ว มีเสียงเบา เป็นต้น พึงพอใจระดับปานกลาง 1 ข้อ ได้แก่ เคลื่อนย้ายสะดวก

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการอย่างเป็นระบบในการออกแบบและพัฒนาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ข้าวหลามให้มีการใช้งานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ โดยการประยุกต์วิธี RULA ประเมินท่าทางการทำงานในขั้นตอนการเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง นอกจากนี้งานวิจัยได้ประยุกต์ QFD เพื่อให้ความต้องการของสถาน

ประกอบและผู้ใช้งานได้ถูกถ่ายทอดไปสู่เครื่องเลื่อย
กระบอกไม้ไผ่ได้อย่างแท้จริง

เครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ข้าวหลามเครื่องใหม่สามารถ
ออกแบบและพัฒนาให้บรรลุค่าเป้าหมายของคุณลักษณะ
เชิงเทคนิคที่ได้กำหนดไว้ แสดงดังตารางที่ 7 ยกเว้นประเด็น
เรื่องมีอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายและมีที่รองรับกระบอก
ไม้เมื่อตัดเสร็จ ซึ่งเป็น 2 ประเด็นที่ยังไม่บรรลุค่าเป้าหมาย

**ตารางที่ 7 ผลการประเมินเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ใหม่
เทียบกับค่าเป้าหมาย**

คุณลักษณะเชิงเทคนิค	หน่วยวัด	ค่า เป้าหมาย	ค่าที่ได้ จริง	ผลลัพธ์
1. มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย	มี / ไม่มี	มี	มี	ผ่าน
2. ระดับความดังของเสียง	เดซิเบล	< 95	91	ผ่าน
3. อุปกรณ์ควบคุมฝุ่น	มี / ไม่มี	มี	มี	ผ่าน
4. มีอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยในระบบไฟฟ้า	มี / ไม่มี	มี	มี	ผ่าน
5. มีอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้าย	มี / ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่ผ่าน
6. ระดับความเมื่อยล้าของร่างกายในการทำงาน	คะแนน 1-5	< 3	1	ผ่าน
7. ระดับความพึงพอใจในการใช้งานง่าย	คะแนน 1-5	> 4	5	ผ่าน
8. ระดับความพึงพอใจในการจับถนัดมือ	คะแนน 1-5	> 4	5	ผ่าน
9. อัตราการใช้งานของใบมีดตัด	ชั่วโมง/เดือน	> 8	12	ผ่าน
10. จำนวนของเสียต่อครั้ง	กระบอก/ลำไม้ไผ่	< 20	10	ผ่าน
11. อัตราเร็วในการตัด	กระบอก/นาทีก	> 4	5	ผ่าน
12. ระดับการออกแรงในการตัด	คะแนน 1-5	< 3	1	ผ่าน
13. ระดับความสะดวกในการบำรุงรักษา	คะแนน 1-5	> 4	5	ผ่าน
14. มีที่รองรับกระบอกไม้ไผ่เมื่อตัดเสร็จ	มี / ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่ผ่าน
15. ขนาดของทิวางไม้ขณะตัด	mm.	< 3960	1145	ผ่าน
16. มีที่จับยึดไม้ขณะตัดไม่ให้กระดก	มี / ไม่มี	มี	มี	ผ่าน

ผลการเปรียบเทียบเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ก่อนและ
หลังการปรับปรุง (ตารางที่ 8) ด้วยการทดสอบสมรรถภาพ
ของเครื่องและการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA
แสดงให้เห็นว่า เครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่เครื่องใหม่หลังการ
ปรับปรุงมีความเหมาะสมในการใช้งาน ช่วยให้การ
ปฏิบัติงานเลื่อยไม้ไผ่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ตลอดจนช่วยลด
ความเสี่ยงของโรคและการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากความ
เมื่อยล้าในการทำงานได้

**ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบในตัวชี้วัดระหว่างเครื่องก่อน
ปรับปรุงและหลังการปรับปรุง**

ตัวชี้วัด	เครื่องก่อน ปรับปรุง	เครื่องหลัง ปรับปรุง
อัตราเร็วในการเลื่อยเฉลี่ย (กระบอก/นาทีก)	4	5
เวลาในการเลื่อยเฉลี่ย (นาทีก/ลำไม้ไผ่)	4.5	3.5
อัตราของเสียเนื่องจากความ ยาวไม่เป็นไปตามกำหนด (%)	13	6
ผลการประเมินท่าทางการ ทำงานโดยวิธี RULA (ระดับ)	3	2

อย่างไรก็ตามเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่เครื่องใหม่ยังมี
ประเด็นด้านคุณลักษณะเชิงเทคนิคที่ยังไม่บรรลุค่าเป้าหมาย
ซึ่งสามารถจะพัฒนาต่อยอดได้ เช่น การเพิ่มอุปกรณ์หรือ
ออกแบบเครื่องให้สามารถดักหรือกำจัดฝุ่นได้ การออกแบบ
เครื่องให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายและมีที่รองรับกระบอก
ไม้ไผ่เมื่อตัดเสร็จ เป็นต้น นอกจากนี้ในกระบวนการทำข้าว
หลามยังมีท่าทางการทำงานที่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ
ซึ่งอาจจะทำการศึกษาและวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วยหลักการ
ทางกายศาสตร์ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] อัครลักษณ์ ราชพลสิทธิ์, วันชัย ธรรมสังการ และ ปรีดี โชติช่วง (2563). “ข้าวหลามหนองมน” องค์ความรู้ภูมิปัญญา และ
รูปแบบการจัดการความรู้เพื่อการพัฒนาชุมชนท้องถิ่นไทยอย่างยั่งยืน, วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, ปีที่ 9, ฉบับที่ 2, กรกฎาคม-ธันวาคม 2563.

- [2] Cohen L. (1995). Quality function deployment how to make QFD work for you, Addison-Wesley, Massachusetts.
- [3] McAtamney, L. and Nigel Corlett, E. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, Vol. 24(2), pp. 91-99.
- [4] Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D. (2012). Product design and development, 5th edition, McGraw-Hill, New York.
- [5] Dieter, G.E. and Schmidt, Linda C. (2013). Engineering Design, 5th edition, McGraw-Hill, Singapore.
- [6] มณฑล ศาสนนันท์ (2550), การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรมย้อนรอย, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [7] เกียรติวิทย์ สมทอง และ นลิน เพียรทอง (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หุ่นยนต์ด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ, วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, มกราคม-มีนาคม 2559, หน้า 19-26.
- [8] สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์, ชชาติ หอมเขียว, วรพงศ์ บุญช่วยแทน, จักรนรินทร์ ฉัตรทอง และ มุhammad เต๊ะยอ (2563). การประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนเครื่องปั้นดินเผาในจังหวัดนครศรีธรรมราช, วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2563, หน้า 106-119.
- [9] Phontri, C. and Chantrasa, R. (2019). Innovation development of durian stick processing machine for transferring knowledge to foundation community, Asia-Pacific Journal of Science and Technology, vol.24 (4), October-December 2019, pp. 1-10.
- [10] Mat, Kudus, S.K.A. and Keith Case, K. (2019). Application of Quality Function Deployment in Product Design and Development: Car Seat Case Study, Proceedings of the 6th International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced Materials (ICE-SEAM 2019), 16- 17 October 2019, Surakarta, Indonesia.
- [11] อรณิชา ยมเกิด, ปิยะวัฒน์ ตริวิทยา และ นิวิธ เจริญใจ (2015). การปรับปรุงท่าทางการนั่งทำงานของพนักงานในอุตสาหกรรมที่มีดด้วยหลักการยศาสตร์, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 22(3), หน้า 10-20.
- [12] วิรัชย์ มัฏฐารักษ์, เดช เหมือนขาว และ ยงยุทธ ดุลยกุล (2555). การศึกษาทางการยศาสตร์เพื่อปรับปรุงการทำงานในกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนด กรณีศึกษา : กลุ่มแม่บ้านตำบลสนามชัย อำเภอสังขละบุรี จังหวัดสงขลา, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏนครศรีธรรมราช, ปีที่ 10, ฉบับที่ 1, มกราคม-มิถุนายน 2555, หน้า 49-58.
- [13] อุ่น สักขพงศ์, กลางเดือน โพนนา และ วรพล เอื้อสุจิตวงศ์ (2556). การปรับปรุงสถานีนงานตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อของแรงงานในกระบวนการผลิตปลาหมึก: กรณีศึกษาโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแห่งหนึ่ง, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 23 ฉบับที่ 3, กันยายน-ธันวาคม 2556, หน้า 654-663.
- [14] Robielos, R.A.C., Sambua, K.C.A. and Fernandez, J.G. (2019). Ergonomics Intervention for Healthcare Workers and Patients: A Development of Patient Handling Device, Advances in Intelligent Systems and Computing, 820, pp. 615-638.