



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การออกแบบและพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องขัดชิ้นงานเหล็กด้วยหลักการทางกายศาสตร์และเศรษฐศาสตร์

A design and performance improvement of a drum sander with principles of ergonomics and economics

ชัยมงคล ลิ้มเพียรชอบ*

หน่วยวิจัยวิศวกรรมระบบโซ่อุปทานขนาดใหญ่ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

Chaimongkol Limpianchob*

Large scale supply chain systems engineering research unit, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

* Corresponding author.

E-mail: fengckl@ku.ac.th; Telephone: 0 86925 8282

วันที่รับบทความ 16 ธันวาคม 2565; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 30 เมษายน 2566; วันที่ตอบรับบทความ 10 พฤษภาคม 2566

บทคัดย่อ

การตัดชิ้นงานเหล็กด้วยเลเซอร์มักจะเกิดเศษเหล็กใต้ชิ้นงาน และเมื่อนำไปเชื่อมประกอบจะทำให้เกิดปัญหาชิ้นงานประกอบเข้ากันได้ไม่สนิททำให้ชิ้นงานที่ได้ไม่แข็งแรง จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการขัดหน้าชิ้นงาน เพื่อกำจัดเศษเหล็กเหล่านี้นก่อนนำไปเชื่อมประกอบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องขัดชิ้นงานเหล็กหลังจากการตัดด้วยเลเซอร์ โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ลดเวลาในกระบวนการผลิต และลดความเมื่อยล้าให้แก่พนักงานปฏิบัติงานได้ รวมถึงมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลจากการออกแบบและการใช้งานเครื่องขัดชิ้นงานเหล็กต้นแบบสามารถลดเวลาในกระบวนการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องขัดกระดาษทรายสายพานได้ถึงร้อยละ 84.62 และจากการประเมินทางด้านหลักการยศาสตร์ด้วยวิธีประเมินร่างกายส่วนบนแบบรวดเร็ว (Rapid Upper Limb Assessment) มีคะแนนการประเมินอยู่ที่ 2 ซึ่งหมายถึงกระบวนการสามารถยอมรับได้ ส่วนการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าต้นทุนการผลิตต่อหน่วยการผลิตเท่ากับ 0.046 บาทต่อชิ้น และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.55 ปี

คำสำคัญ

เครื่องขัดชิ้นงานแบบกระดาษทราย การประเมินความเสี่ยง การยศาสตร์ การประเมินร่างกายส่วนบนแบบรวดเร็ว เศรษฐศาสตร์

Abstract

Laser-cut steel part often produces scrap cassia under the workpiece, and assembly welding will cause the workpiece to be poorly assembled, causing the workpiece to be weak. It is necessary to have a surface polishing process to remove scrap before welding and assembly. Therefore, this research aims to improve the design and performance of a drum sander. One of our main goals was to make the sander more ergonomic for the users, reduce processing time and worker fatigue, and be economically worthwhile. As a result, our drum sander can reduce the processing time from the conventional belt sander by 84.62%. In addition, we have evaluated the principles of ergonomics by using the Rapid Upper Limb Assessment. The evaluation score is 2, which means the process is acceptable. Moreover, the economic

assessment section found that the production cost per unit was 0.046 THB, and the payback period was approximately 0.55 years.

Keywords

drum sander machine; risk assessment; ergonomics; rapid upper limb assessment; ergonomics

1. คำนำ

เครื่องขัดกระดาษทรายเป็นเครื่องมือที่ช่วยในงานขัดผิวชิ้นงานให้เรียบ โดยสามารถใช้ขัดชิ้นงานได้ตั้งแต่ขนาด 3-120 มิลลิเมตร ซึ่งใช้ขัดชิ้นงานได้หลากหลายประเภท เช่น ไม้ เหล็ก หรืออลูมิเนียม เป็นต้น [1]

สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตและประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักรสีข้าว เพื่อส่งขายทั้งในประเทศและต่างประเทศนั้น จะประกอบด้วยกระบวนการผลิตและประกอบชิ้นส่วนที่มีการใช้เครื่องตัดชิ้นงานเหล็กด้วยเลเซอร์ เพื่อตัดชิ้นงานให้ได้ตามขนาดที่ออกแบบไว้ ซึ่งจะพบปัญหาว่าการใช้เครื่องตัดด้วยเลเซอร์นั้น จะทำให้เกิดเศษเหล็กใต้ชิ้นงาน และเมื่อพนักงานนำไปเชื่อมประกอบเป็นชิ้นงานจะทำให้เกิดปัญหาชิ้นงานประกอบเข้าหากันไม่สนิท เป็นผลทำให้ชิ้นงานที่ได้ไม่แข็งแรง จึงมีความจำเป็นที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเพิ่มกระบวนการขัดหน้าชิ้นงาน เพื่อกำจัดเศษเหล็กก่อนนำไปเชื่อมประกอบ

ในกระบวนการขัดหน้าชิ้นงานนั้น พนักงานจะใช้เครื่องขัดกระดาษทรายแบบสายพานรูดถึง (ลม) ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการนี้จะมีขนาด 400×4.2×1,000 มิลลิเมตร และ 50×4.2×1,000 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้เกิดเวลาในกระบวนการผลิต (Processing Time) เฉลี่ยอยู่ที่ 65 วินาที ต่อชิ้น นอกจากนี้เครื่องขัดกระดาษทรายแบบสายพานทำให้เกิดความเมื่อยล้าแก่พนักงานที่ปฏิบัติงาน เนื่องจากต้องถือเครื่องขัดกระดาษทรายสายพานที่มีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม กดและไถเครื่องขัดกระดาษทรายไปมาตลอดทั้งชิ้นงานเพื่อให้หน้าสัมผัสของกระดาษทรายขัดเศษเหล็กออกจากชิ้นงาน นอกจากนี้ชิ้นงานทั้ง 2 ขนาด มีจำนวนรวมกันประมาณ 1,000 ชิ้นต่อวัน ซึ่งเมื่อพนักงานเกิดความเมื่อยล้าจะส่งผลต่อเวลาในกระบวนการผลิต (Processing Time) และคุณภาพของชิ้นงาน

จากปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น แม้ว่าการขัดชิ้นงานจะเป็นกระบวนการที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับชิ้นงาน แต่ส่งผลต่อกระบวนการเชื่อมและความแข็งแรงของชิ้นงานหลังจากการ

เชื่อมประกอบ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการแก้ไขปัญหาใน 2 แนวทาง คือ 1) ทำการแก้ไขปัญหาเครื่องเลเซอร์ที่ใช้ตัดชิ้นงานให้มีเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดให้ลดน้อยลงให้มากที่สุด ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นไปได้ยาก และ 2) การแก้ไขกระบวนการขัดชิ้นงานให้มีเวลาในกระบวนการผลิต (Processing Time) ลดลง และสามารถลดความเมื่อยล้าให้แก่ผู้ปฏิบัติงานไปพร้อมๆ กัน โดยเปลี่ยนเป็นการนำเครื่องขัดชิ้นงานแบบใหม่เข้ามาช่วย ทั้งนี้จากการสำรวจราคาพบว่าเครื่องขัดชิ้นงานที่จำหน่ายโดยทั่วไปเป็นเครื่องขัดที่ใช้กับงานไม้เป็นส่วนใหญ่ ส่วนเครื่องขัดชิ้นงานที่ใช้กับงานเหล็กมีราคาที่ค่อนข้างสูง



รูปที่ 1 เครื่องขัดกระดาษทรายสายพานรูดถึงที่ใช้ในบริษัท กรณีศึกษาที่ 1 : [1]

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องขัดชิ้นงานสำหรับงานเหล็กหลังการตัดด้วยเครื่องเลเซอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและให้มีต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่า โดยเครื่องต้นแบบนั้นจะมีข้อแตกต่างจากเครื่องขัดชิ้นงานที่จำหน่ายโดยทั่วไป กล่าวคือ เครื่องขัดชิ้นงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นสามารถขัดชิ้นงานได้ทั้งด้านเดียว และสองด้านในเวลาเดียวกันเพื่อให้สามารถลดเวลาในกระบวนการผลิต (Processing Time) ให้น้อยลงมากที่สุด ซึ่งเครื่องขัดชิ้นงานที่จำหน่ายทั่วไปนั้นสามารถขัดชิ้นงานได้เพียงด้านเดียวทำให้พนักงานต้องเสียเวลาพลิกกลับชิ้นงาน นอกจากนี้เครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบยังมีวัตถุประสงค์ในการลดลดความเมื่อยล้าแก่ผู้ปฏิบัติงาน เพิ่มความปลอดภัยและลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บในการทำงาน โดยใช้หลักเกณฑ์การประเมินทางด้าน

การยศาสตร์ (Ergonomics) จากการประเมินร่างกายส่วนบนแบบรวดเร็ว (Rapid Upper Limb Assessment, RULA) รวมถึงการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (Economics) เพื่อหาความคุ้มค่าและระยะเวลาคืนทุนของเครื่องต้นแบบ

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบเครื่องจักรกลจำเป็นจะต้องมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุทางด้านวิศวกรรม ทั้งทางด้านโลหะวิทยา และกรรมวิธีทางความร้อนต่างๆ รวมถึงหลักเศรษฐศาสตร์ของกรรมวิธีการผลิต เพราะชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ผลิตขึ้นมาจะต้องผลิตเพื่อให้สามารถแข่งขันกันทางด้านราคาได้ ซึ่งในบางครั้งการออกแบบชิ้นส่วนหนึ่งอาจเหมาะกับโรงงานผลิตแห่งหนึ่ง แต่อาจไม่เหมาะกับโรงงานผลิตอีกแห่งหนึ่งก็ได้ [2]

จากการศึกษาการออกแบบเครื่องจักรกลหลายรูปแบบด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น สุขติ และธนกร [3] ได้สร้างเครื่องตัดผิวชิ้นงานทดสอบเพื่อใช้ในการเรียนการสอน สำหรับการตรวจสอบโครงสร้างของโลหะ เพื่อลดต้นทุนในการซื้อเครื่องจากต่างประเทศ โดยใช้หลักการออกแบบจากเครื่องตัดผิวที่ใช้อยู่ให้มีขนาดและความเร็วรอบในการหมุนของจานตัดเท่ากันเช่นเดียวกับสุรียนต์ [4] ได้สร้างเครื่องจักรกลตามแนวยาว เพื่อสำหรับใช้ตัดชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา ส่วนของวีระวัฒน์ และจำนง [5] ได้สร้างและพัฒนาเครื่องจักรกลหลายชนิด ซึ่งมีรูปแบบใกล้เคียงกับของสุรียนต์ [4] แต่ต่างกันตรงที่เป็นเครื่องจักรกลหลายแบบหัวเดียว และใช้หลักการออกแบบความเร็วรอบในการตัดตามแรงโน้มถ่วงความหนา รวมถึงน้ำหนักของโครงสร้างชิ้นงาน สรศักดิ์ [6] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องตัดชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหาการใช้แรงงานคนในการทำความสะอาดและกำจัดสิ่งสกปรกที่อยู่หน้าชิ้นงาน โดยใช้หลักการออกแบบเครื่องจักรเลียนแบบการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

สำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องจักรกลหลายชนิดที่มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้มากที่สุด คือ งานวิจัยของพิมพ์พรธ [7] ได้พัฒนาและทดสอบเครื่องตัดผิวท่อนอ้อยแบบป้อนต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาเครื่องตัดผิวท่อนอ้อยชนิดตัดตาม

แนวเส้นรอบวงให้สามารถป้อนท่อนอ้อยได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อศึกษาความเร็วที่เหมาะสมของชุดป้อนและชุดแปรงขัดขณะทำความสะอาด และงานวิจัยของสุกัญญา และณัฐภูมิ [8] ที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องจักรกลหลายแบบสายพานในกระบวนการเจียรและลับคมในงานเจียรระโนและขัดแต่งผิว ซึ่งใช้หลักการทำงานคือ การตัดและขัดผิววัสดุตามที่ต้องการได้ และได้ทำการทดลองเลือกใช้พูลเลย์ขนาดต่างๆ เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตัดให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยสามารถลดเวลาในการเจียรระโนใบมีดลงได้คิดเป็นร้อยละ 26.39 และชิ้นงานที่ได้มีความเรียบเนียนกว่าการตัดแบบดั้งเดิม

ในส่วนของการประเมินร่างกายส่วนบนแบบรวดเร็ว (Rapid Upper Limb Assessment, RULA) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดย Lynn McAtamney และ Nigel Corlett เมื่อปี ค.ศ. 1993 เพื่อใช้ในการประเมินท่าทางการทำงานหรือความเสี่ยงของแต่ละบุคคลจากลักษณะท่าทางการทำงาน การออกแรง และการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยการประเมินนี้แบ่งการประเมินเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่ม A ประกอบด้วย การประเมินส่วนแขนและข้อมือ และกลุ่ม B ประกอบด้วย การประเมินในส่วนของ ลำตัว และขา ซึ่งเทคนิคการประเมิน RULA นี้ถูกนำไปใช้ในการชี้บ่งระดับความเสี่ยงหรือระดับอันตรายของการทำงานทั้งพนักงานทอผ้า พนักงานเย็บผ้า หรือพนักงานขับรถ เป็นต้น [9]

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า เครื่องจักรต่างๆ ที่มีการออกแบบและสร้างนั้นจำเป็นต้องมีหลักการ และการประยุกต์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมร่วมกับนวัตกรรมเข้าด้วยกัน เนื่องจากลักษณะของวัสดุและการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการกำจัดเศษเหล็กแต่เดิมนั้นใช้เครื่องจักรกลหลายแบบสายพานรถถัง (ลม) ทำให้เกิดความเมื่อยล้า ส่งผลต่อความปลอดภัย และคุณภาพของชิ้นงาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเป็นการสร้างและพัฒนาเครื่องตัดชิ้นงานสำหรับงานเหล็กหลังการตัดด้วยเลเซอร์ เพื่อลดเวลาการทำงาน เกิดความปลอดภัย และลดความเมื่อยล้าของพนักงานผู้ปฏิบัติงานตามหลักการยศาสตร์ รวมถึงเกิดความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องขัดชิ้นงาน เหล็กจากการตัดด้วยเลเซอร์ จำเป็นจะต้องมีการศึกษาการทำงาน และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการคำนวณส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักร รวมถึงวิธีการวิเคราะห์ต้นทุน การหาจุดคุ้มทุน และการวิเคราะห์ทางด้านการยศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพการทำงานในปัจจุบัน ลักษณะของชิ้นงานที่ต้องการใช้เพื่อกำหนดเป็นตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณต่างๆ ประกอบด้วย ความหนา และความกว้างของชิ้นงาน รวมถึงรวบรวมข้อมูลลักษณะท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในปัจจุบัน ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องขัดกระดาษทรายสายพานรถถัง เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องขัดชิ้นงานแบบกระดาษทรายที่เหมาะสมกับลักษณะงาน และเพื่อให้สามารถใช้ในการแก้ปัญหาในกระบวนการขัดชิ้นงานได้จริง

3.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการสร้างเครื่องขัดชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม

3.3 การออกแบบกลไกการขัดชิ้นงาน

สำหรับการออกแบบกลไกการขัดของเครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบ โดยจะคำนึงถึงประสิทธิภาพในการขัดชิ้นงาน รวมถึงเวลาที่ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น จะต้องสามารถขัดชิ้นงานสองด้านในเวลาเดียวกัน วิเคราะห์การใช้งานเพื่อให้ประหยัดพลังงาน เช่น การใช้สายพานแบบแบนในการส่งกำลัง และคำนึงถึงความปลอดภัยและหลักการยศาสตร์ของผู้ปฏิบัติงาน

3.4 การคำนวณการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ

หลักการออกแบบและคำนวณส่วนประกอบต่างๆ เพื่อประกอบขึ้นเป็นเครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบนั้น ประการแรกโครงสร้างหลักต้องแข็งแรง และสามารถตอบสนองการใช้งานจริงได้ ประการที่สองโครงสร้างภายนอกของเครื่องจะต้องมีความสวยงาม มีความปลอดภัยขณะใช้งาน ประกอบด้วย

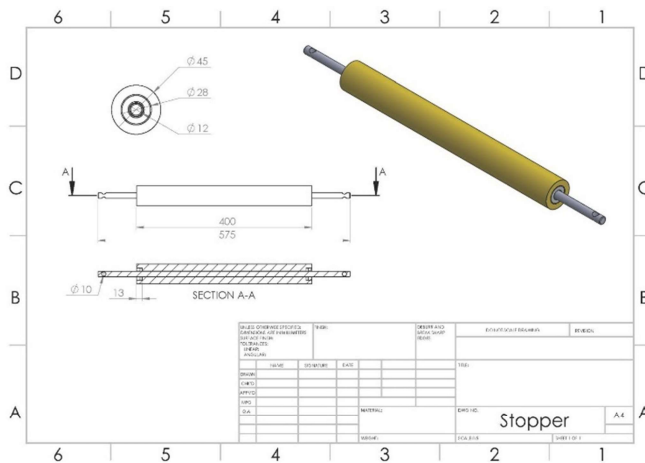
การคำนวณขนาดของมอเตอร์ที่จะใช้เป็นตัวกำลังของเครื่องขัด สามารถคำนวณหาค่าโมเมนต์บิด (T) ที่เกิดขึ้นขณะกดชิ้นงาน ซึ่งจากการทดสอบเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการขัดจากเครื่องขัดกระดาษทรายสายพานจะให้แรง (F) เฉลี่ยเท่ากับ 9.8 นิวตัน และกำหนดขนาดของลูกกลิ้งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ($2r$) เท่ากับ 110 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับขนาดของลูกกลิ้งที่ใช้อยู่เดิม แทนค่าในสมการที่ (1) จะได้ค่าโมเมนต์บิด (T) เท่ากับ 0.53988 N.m เนื่องจากใช้ลูกกลิ้งขัดชิ้นงาน 2 ลูก ดังนั้นค่าโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นจะเท่ากับ 1.0791 N.m หลังจากนั้นคำนวณแรงของเพลาล้อสายพานตัวตาม และแรงของเพลาล้อสายพานตัวขับ ค่าโมเมนต์บิดของมอเตอร์จากการคำนวณ เท่ากับ 1.0791 N.m สำหรับการคำนวณหาอัตราทดและความเร็วรอบของล้อสายพาน ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลความเร็วรอบที่นิยมใช้คือ 1,400 – 1,700 รอบต่อนาที จึงเลือกใช้พูลเลย์ขนาด 3 นิ้ว เท่ากันทั้ง 3 ลูก ส่วนการคำนวณหาขนาดเพลาลูกกลิ้ง (d) แสดงในสมการที่ (2) แต่เนื่องจากลูกกลิ้งบนมีแรงดึงจากสายพานมากกว่าลูกกลิ้งล่างจึงใช้ขนาดเพลตามขนาดของล้อลูกกลิ้งบน 32 มิลลิเมตร สำหรับลูกกลิ้งบน และเพลขนาด 25.4 มิลลิเมตรสำหรับลูกกลิ้งล่าง

$$T = F \times r \quad (1)$$

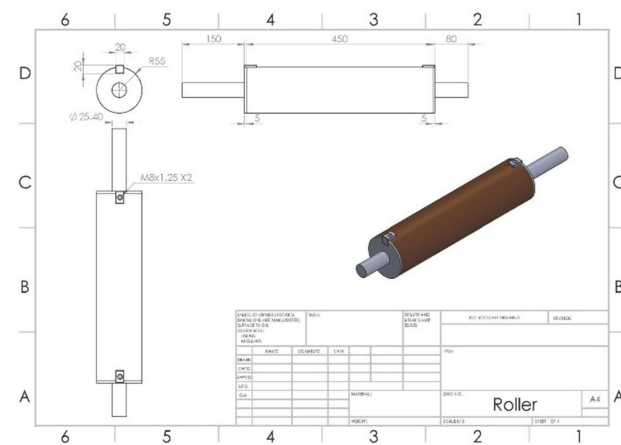
$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi \tau_{ball}}} \quad (2)$$

4. การสร้างเครื่องต้นแบบและการทดลอง

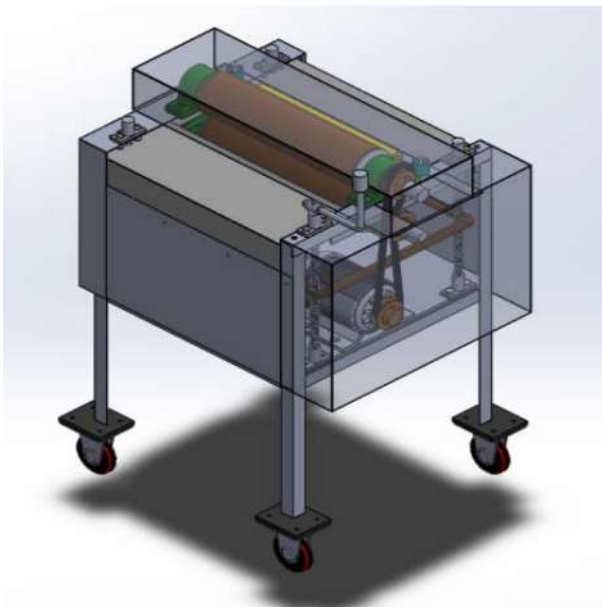
จากข้อมูลในหัวข้อที่ 3. จะถูกใช้ในการสร้างเครื่องขัดชิ้นงานเหล็ก โดยใช้โปรแกรม Solid work version 2020 เพื่อช่วยในการออกแบบก่อนที่จะสร้างเครื่องเพื่อหาขนาดและความเหมาะสมในการประกอบและติดตั้งชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่อง โดยแบบของชิ้นส่วนต่างๆ และแบบของของเครื่องแสดงในรูปที่ 2 ถึง 4



รูปที่ 2 แบบชุดลูกกลิ้งหยุดชิ้นงาน



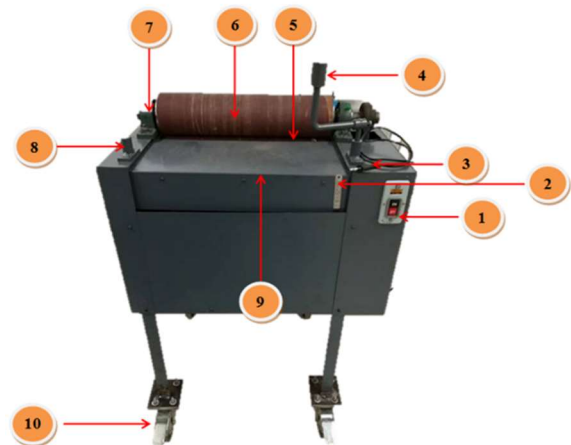
รูปที่ 3 แบบชุดลูกกลิ้ง



รูปที่ 4 เครื่องขัดชิ้นงานเหล็กต้นแบบ

4.1 ลักษณะของเครื่องต้นแบบ

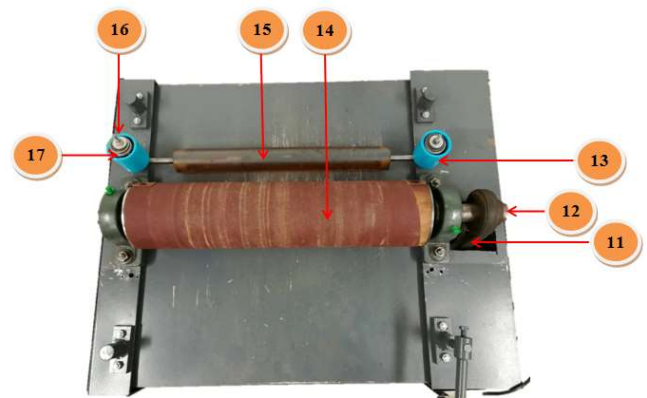
เครื่องขัดชิ้นงานเหล็กหลังจากการตัดด้วยเลเซอร์ต้นแบบ แสดงในรูปที่ 5 ถึง 6



รูปที่ 5 ชิ้นส่วนด้านข้างของเครื่องขัดชิ้นงานเหล็ก

ตารางที่ 1 ชิ้นส่วนด้านข้างของเครื่องขัดชิ้นงานเหล็ก

หมายเลข ชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข ชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน
1	สวิตช์เปิด-ปิด	6	ลูกกลิ้งบน
2	สเกลการปรับ ระดับโต๊ะชิ้นงาน	7	ตั้บลูกกลิ้งบน
3	ปลั๊กไฟ	8	บุท
4	คันโยกปรับระดับ	9	โต๊ะปรับระดับ
5	ลูกกลิ้งล่าง	10	ล้อ



รูปที่ 6 ชิ้นส่วนด้านบนของเครื่องขัดชิ้นงานเหล็กจากการตัดด้วยเลเซอร์

ตารางที่ 2 ชิ้นส่วนด้านบนของเครื่องขัดชิ้นงานหลัก

หมายเลข ชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข ชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน
11	สายพาน	15	ลูกยาง
12	เพลลา	16	แกนสำหรับใส่ สปริง
13	กระบอกประคอง สปริง	17	สปริง
14	ผ้าทราย		

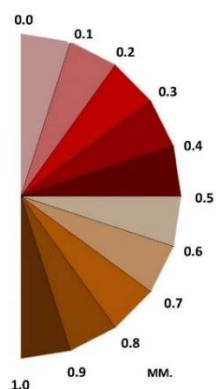
4.2 การทดสอบเครื่องต้นแบบ

การทดสอบเครื่องขัดชิ้นงานหลักหลังจากการตัดด้วย เลเซอร์ในเบื้องต้นและการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดย กำหนดให้ใช้ชิ้นงานขนาด $50 \times 4.2 \times 1,000$ มิลลิเมตร ซึ่งเป็น ขนาดชิ้นงานจริงในการทดสอบ นอกจากนี้จำนวนชิ้นงานที่ใช้ ในการทดสอบจะมีปริมาณเท่ากับจำนวนชิ้นงานจริงใน กระบวนการด้วยเช่นกัน โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1) เตรียมเครื่องต้นแบบและเครื่องมือสำหรับทดสอบ ประสิทธิภาพ ได้แก่ เครื่องวัดความเร็วรอบ นาฬิกาจับเวลา และไม่บรรทัด

2) อธิบายวิธีการใช้งานเครื่องต้นแบบแก่พนักงาน ผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดความชำนาญในการใช้เครื่องเป็นเวลา 2 วัน

3) เริ่มต้นทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ โดยปรับระดับ โต๊ะขัดชิ้นงานบนเครื่องให้พอดีกับขนาดชิ้นงานตามสเกล ระดับที่บอกไว้บนเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8 โดยปรับ ความเร็วในการขัดชิ้นงานอยู่ที่ 1,400 รอบต่อนาที



รูปที่ 7 สเกลการปรับระดับโต๊ะชิ้นงาน



รูปที่ 8 การปรับระดับโต๊ะชิ้นงาน

4) ทำการประเมินและบันทึกผลการทดสอบ ได้แก่ เวลา มาตรฐาน (Standard time) ที่ใช้ในกระบวนการ และ ลักษณะท่าทางการทำงานตามหลักการยศาสตร์ในระหว่าง การปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบจากชิ้นงานจริง

5) ตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานหลังจากการใช้ เครื่องต้นแบบ เปรียบเทียบกับการใช้เครื่องขัดกระดาษทราย สายพานแบบรูดถึง ดังแสดงในรูปที่ 10

6) นำผลการทดสอบมาคำนวณค่าเวลามาตรฐาน (Standard time) และประเมินคะแนนจากการประเมิน ร่างกายส่วนบนแบบรวดเร็ว (RULA) หลังจากการใช้ เครื่องต้นแบบ



รูปที่ 10 การตรวจสอบชิ้นงานหลังจากการใช้เครื่องต้นแบบ

4.3 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลเครื่องต้นแบบ

นำผลการทดสอบเครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบมาคำนวณอัตราการลดลงของเวลาในกระบวนการ ซึ่งจากเดิมมีเวลามาตรฐานก่อนการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 65 วินาที และหลังจากการใช้เครื่องต้นแบบเวลามาตรฐานในกระบวนการอยู่ที่ 10 วินาที หรือเวลามาตรฐานลดลงคิดเป็นร้อยละ 84.62 เนื่องจากการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเดิมใช้เครื่องขัดกระดาษทรายสายพานรถถัง (ลม) ในการขัดชิ้นงาน โดยจะต้องไถเครื่องขัดกระดาษทรายไปมาตลอดทั้งชิ้นงาน และตัวเครื่องมีน้ำหนักมาก จึงทำให้เสียเวลาในกระบวนการผลิต

4.3.1 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

สำหรับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ โดยต้นทุนในการสร้างเครื่องขัดต้นแบบพิจารณาจากค่าใช้จ่าย และการทำงานของเครื่องจากต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน ซึ่งต้นทุนคงที่คำนวณได้จากสมการค่าเสื่อมราคาต่อปีแบบเส้นตรง (Straight line method) ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$DP = \frac{P - S}{L} \quad (3)$$

โดย DP คือ ค่าเสื่อมราคาต่อปี P คือ ราคาทุนของสินทรัพย์ S คือ มูลค่าซาก และ L คือ อายุการใช้งาน ดังนั้นเมื่อแทนค่าราคาทุนของสินทรัพย์ (P) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7,500 บาท อายุการใช้งานของเครื่อง (L) 5 ปี ทำให้เกิดมูลค่าซาก (S) ของเครื่องขัดชิ้นงานเหล็กหลังจากการตัดด้วยเลเซอร์

ต้นแบบ คงเหลือ 10% ของราคาต้นทุนเครื่องมีค่าเท่ากับ 750 บาท เมื่อแทนค่าในสมการที่ (3) จะได้ค่าเสื่อมราคาอยู่ที่ 1,350 บาทต่อปี และเมื่อคำนวณค่าเสียโอกาส (OC) หรือค่าดอกเบี้ย (ต่อปี) ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$OC = \left(\frac{P + S}{2} \right) \times \left(\frac{i}{100} \right) \quad (4)$$

เมื่อแทนค่าในสมการที่ (4) จะได้ค่าเสียโอกาสหรือดอกเบี้ย (ต่อปี) $= ((7,500 + 750) / 2) \times (6/100) = 247.50$ บาทต่อปี (ใช้อัตราดอกเบี้ยธนาคารพาณิชย์ (i) ร้อยละ 6.0 ต่อปี) ซึ่งเมื่อรวมต้นทุนคงที่ต่อปี คือ ค่าเสื่อมราคารวมกับค่าเสียโอกาสหรือค่าดอกเบี้ย จะมีค่าเท่ากับ $1,350 + 247.50 = 1,597.50$ บาทต่อปี

สำหรับต้นทุนแปรผัน ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยค่าบำรุงรักษาเท่านั้น ไม่ได้นำค่าแรงงานมาประกอบการพิจารณา เนื่องจากการสร้างเครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบเพื่อช่วยผู้ปฏิบัติงานให้ทำงานได้สะดวกขึ้น โดยค่าบำรุงรักษา คิดเฉลี่ยวันละ 30 บาทต่อวัน ถ้าทำงาน 100 วัน คิดเป็น 3,000 บาทต่อปี

ดังนั้นเมื่อรวมต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดที่ประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน ในหนึ่งปีจะมีต้นทุนอยู่ที่ $1,597.50 + 3,000 = 4,597.50$ บาทต่อปี

สำหรับการคำนวณต้นทุนการผลิตต่อหน่วยการผลิต เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกกระบวนการผลิต โดยกำหนดให้เครื่องต้นแบบทำงานวันละ 5 ชั่วโมง ทำงาน 100 วัน หรือคิดเป็น 500 ชั่วโมง เครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบสามารถขัดชิ้นงานได้ 200 ชิ้นต่อชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนการผลิตต่อหน่วยมีค่าเท่ากับ $(4,597.50 \text{ บาท}) / (500 \text{ ชั่วโมง} \times 200 \text{ ชิ้นต่อชั่วโมง}) = 0.046$ บาทต่อชิ้น ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมด (บาท) ต่อผลประโยชน์สุทธิที่ได้จากการทำงาน 1 ปี จะได้ว่า $(4,597.50) / (500 \times 200) \times 12 = 0.55$ ปี

4.3.2 การวิเคราะห์ทางด้านการยศาสตร์

การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบลักษณะการทำงานของผู้ปฏิบัติงานทั้ง

ERGONOMICS PLUS **RULA Employee Assessment Worksheet** Task Name: _____ Date: _____

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes): +0
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Table A: Scores

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Score				
		1	2	3	4	
1	1	1	2	2	3	3
1	2	2	2	2	3	3
1	3	2	3	3	3	4
1	4	2	3	3	3	4
2	1	2	3	3	3	4
2	2	3	3	3	3	4
2	3	3	4	4	4	5
2	4	3	4	4	4	5
3	1	3	4	4	4	5
3	2	4	4	4	4	5
3	3	4	4	4	4	5
3	4	4	4	4	4	5
4	1	4	4	4	4	5
4	2	4	4	4	4	5
4	3	4	4	4	4	5
4	4	4	4	4	4	5
5	1	5	5	5	5	6
5	2	5	5	5	5	6
5	3	6	6	6	6	7
5	4	6	6	6	6	7
6	1	7	7	7	7	8
6	2	8	8	8	8	9
6	3	9	9	9	9	9

Table B: Neck, Trunk, Leg Score

Neck	Trunk	Legs
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9

Table C: Scoring (Final score from Table C)

Wrist / Arm Score	Neck	Trunk	Leg Score
1	1	2	3
2	2	3	4
3	3	4	5
4	4	5	6
5	5	6	7
6	6	7	8
7	7	8	9
8	8	9	9

Scoring: (Final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes): +0
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

รูปที่ 11 แบบประเมินร่างกายส่วนบนอย่างรวดเร็ว RULA ที่มา : [10]

ก่อนและหลังการใช้เครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบ โดยการประเมินจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย

กลุ่มที่ 1 (Part A) สำหรับการวิเคราะห์และประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (Upper arm) แขนส่วนล่าง (Lower arm) การเคลื่อนไหวของข้อมือ (Wrist) และการหมุนข้อมือ (Wrist twist) จะได้คะแนนประเมินในส่วนของ Part A

กลุ่มที่ 2 (Part B) สำหรับการวิเคราะห์และประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนลำคอ (Neck) ลำตัว (Trunk) และขา (Legs) ทั้งสองข้าง จะได้คะแนนประเมินในส่วนของ Part B

หลังจากนั้นนำคะแนนประเมินทั้ง Part A และ Part B มาคำนวณหาค่าคะแนนประเมิน RULA (Part C) โดยตารางแบบประเมินร่างกายส่วนบนอย่างรวดเร็วแสดงในรูปที่ 11

การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ของผู้ปฏิบัติงานก่อนการใช้เครื่องต้นแบบ (ใช้เครื่องขัดกระดาษทรายสายพานรถถัง (ลม) ในการขัดชิ้นงาน) ตั้งแต่ขั้นตอนการนำชิ้นงานออกจากเครื่องตัดเลเซอร์ ขัดชิ้นงาน และยกชิ้นงาน

เข้าพาเลทเพื่อเตรียมส่งเข้าสู่กระบวนการเชื่อมประกอบ ซึ่งผลการประเมินด้วยวิธี RULA ก่อนการใช้เครื่องต้นแบบ กลุ่มที่ 1 (Part A) มีคะแนนประเมินการเคลื่อนไหวของแขนส่วนบน (Upper arm) มีคะแนน +2 แขนส่วนล่าง (Lower arm) มีคะแนน +2 การเคลื่อนไหวของข้อมือ (Wrist) มีคะแนน +4 และการหมุนข้อมือ (Wrist twist) มีคะแนน +2 ดังนั้นจะได้คะแนนประเมินในส่วนของ Part A เท่ากับ 4 แสดงในรูปที่ 12

ส่วนการประเมินกลุ่มที่ 2 (Part B) มีคะแนนประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนลำคอ (Neck) มีคะแนน +3 ลำตัว (Trunk) มีคะแนน +3 และขา (Legs) ทั้งสองข้าง มีคะแนน +2 ดังนั้นจะได้คะแนนประเมินในส่วนของ Part B เท่ากับ 5 แสดงในรูปที่ 13

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

Step 4a: Adjust...
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Scores

Table A

		Wrist Score			
		1	2	3	4
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7
	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8
	5	6	7	8	9
4	5	6	7	8	9
	6	7	8	9	10
5	6	7	8	9	10
	7	8	9	10	11
6	7	8	9	10	11
	8	9	10	11	12

Table C

	Neck, Trunk, Leg Score						
	1	2	3	4	5	6	7
Wrist / Arm Score	1	2	3	4	5	6	7
	2	3	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8	9	10
	5	6	7	8	9	10	11
4	6	7	8	9	10	11	12
	7	8	9	10	11	12	13
5	8	9	10	11	12	13	14
	9	10	11	12	13	14	15
6	10	11	12	13	14	15	16
	11	12	13	14	15	16	17
7	12	13	14	15	16	17	18
	13	14	15	16	17	18	19

Scoring: (final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

รูปที่ 12 คะแนนประเมินด้วยวิธี RULA ในส่วนของ Part A และ C

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	7	8	9	10	11	12	13

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Scores

Table C

	Neck, Trunk, Leg Score						
	1	2	3	4	5	6	7
Wrist / Arm Score	1	2	3	4	5	6	7
	2	3	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8	9	10
	5	6	7	8	9	10	11
4	6	7	8	9	10	11	12
	7	8	9	10	11	12	13
5	8	9	10	11	12	13	14
	9	10	11	12	13	14	15
6	10	11	12	13	14	15	16
	11	12	13	14	15	16	17
7	12	13	14	15	16	17	18
	13	14	15	16	17	18	19

Scoring: (final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

รูปที่ 13 คะแนนประเมินด้วยวิธี RULA ในส่วนของ Part B

เมื่อนำคะแนนประเมินทั้ง Part A และ Part B มาคำนวณหาค่าคะแนนประเมิน RULA (Part C) ดังแสดงในรูป

ที่ 12 มีผลการประเมินอยู่ที่ 5 คะแนน ซึ่งหมายถึงงานที่ปฏิบัติเริ่มเป็นปัญหาทางด้านกายวิภาคศาสตร์ เสี่ยงต่อการบาดเจ็บในส่วนต่างๆ ของร่างกายจากการทำงาน และส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง โดยมีสาเหตุมาจากผู้ปฏิบัติงานยืนทำงานในท่าทางที่ไม่ถูกต้อง อีกทั้งผู้ปฏิบัติงานต้องก้มตัวลงเพื่อขัดชิ้นงานพร้อมกับถือเครื่องขัดชิ้นงานที่มีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัมไว้ตลอดเวลาในการทำงาน

ส่วนผลคะแนนการประเมินการยศาสตร์ด้วยวิธี RULA ของผู้ปฏิบัติงานหลังการใช้เครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบ ซึ่งผลการประเมินด้วยวิธี RULA กลุ่มที่ 1 (Part A) มีคะแนนประเมินการเคลื่อนไหวของแขนส่วนบน (Upper arm) มีคะแนน +2 แขนส่วนล่าง (Lower arm) มีคะแนน +1 การเคลื่อนไหวของข้อมือ (Wrist) มีคะแนน +1 และการหมุนข้อมือ (Wrist twist) มีคะแนน +1 ดังนั้นจะได้คะแนนประเมินในส่วนของ Part A เท่ากับ 2 แสดงในรูปที่ 14

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

Step 4a: Adjust...
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Scores

Table A

		Wrist Score			
		1	2	3	4
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7
	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8
	5	6	7	8	9
4	5	6	7	8	9
	6	7	8	9	10
5	6	7	8	9	10
	7	8	9	10	11
6	7	8	9	10	11
	8	9	10	11	12

Table C

	Neck, Trunk, Leg Score						
	1	2	3	4	5	6	7
Wrist / Arm Score	1	2	3	4	5	6	7
	2	3	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8	9	10
	5	6	7	8	9	10	11
4	6	7	8	9	10	11	12
	7	8	9	10	11	12	13
5	8	9	10	11	12	13	14
	9	10	11	12	13	14	15
6	10	11	12	13	14	15	16
	11	12	13	14	15	16	17
7	12	13	14	15	16	17	18
	13	14	15	16	17	18	19

Scoring: (final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

รูปที่ 14 คะแนนประเมินด้วยวิธี RULA ในส่วนของ Part A และ C

ส่วนการประเมินกลุ่มที่ 2 (Part B) มีคะแนนประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนลำคอ (Neck) มีคะแนน +2 ลำตัว (Trunk) มีคะแนน +1 และขา (Legs) ทั้งสองข้าง มีคะแนน +1 ดังนั้นจะได้คะแนนประเมินในส่วนของ Part B เท่ากับ 2 แสดงในรูปที่ 15

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

+2
Neck Score

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

+1
Trunk Score

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

+1
Leg Score

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Legs 1	Legs 2	Legs 3	Legs 4	Legs 5	Legs 6	Legs 7	Legs 8	Legs 9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

2
Posture B Score

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

0
Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

0
Force / Load Score

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

2
Neck, Trunk, Leg Score

รูปที่ 15 คะแนนประเมินด้วยวิธี RULA ในส่วนของ Part B

เมื่อนำคะแนนประเมินทั้ง Part A และ Part B มาคำนวณหาค่าคะแนนประเมิน RULA (Part C) ดังแสดงในรูปที่ 14 มีผลการประเมินอยู่ที่ 2 คะแนน ซึ่งจะเห็นว่าคะแนนการประเมินของผู้ปฏิบัติงานดีขึ้นเป็นอย่างมากหลังจากเปลี่ยนมาเป็นเครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบ โดยผู้ปฏิบัติงานสามารถลดการใช้น้ำหนักของแขนให้น้อยลง เนื่องจากไม่ต้องยกเครื่องมาขัดชิ้นงานเหมือนกับการใช้เครื่องขัดกระดาษทรายแบบเดิม รวมถึงลักษณะท่าทางการทำงานที่ไม่มีการก้มตัวเพื่อขัดชิ้นงาน เนื่องจากระยะความสูงของเครื่องขัดต้นแบบอยู่ในระดับเดียวกับผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ผู้ปฏิบัติงานยังสามารถปรับระดับโต๊ะขัดชิ้นงานบนเครื่องขัดต้นแบบให้พอดีได้ เพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างสะดวกในท่าทางที่ถูกต้อง

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากอุตสาหกรรมการผลิตและประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักรสีข้าวที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการขัดชิ้นงานหลักหลังจากการตัดด้วยเลเซอร์เป็นกระบวนการทำงานที่เป็นคอ

ขวด ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้า และไม่ปลอดภัยในการปฏิบัติงาน เนื่องจากในกระบวนการนี้ใช้เครื่องขัดกระดาษทรายสายพานรถถัง (ลม) ในการขัดชิ้นงาน ซึ่งมีน้ำหนักมากและผู้ปฏิบัติงานต้องทำการขัดชิ้นงานถึง 1,000 ชิ้นต่อวัน ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง และถึงแม้ว่ากระบวนการนี้จะไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในการผลิต แต่เป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องมี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องขัดเหล็กชิ้นงานเหล็กหลังจากการตัดด้วยเลเซอร์ เพื่อลดเวลาในกระบวนการผลิต ลดความเมื่อยล้า และเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน โดยประยุกต์ใช้หลักการการออกแบบทางด้านกายศาสตร์และเศรษฐศาสตร์

ผลของการออกแบบและพัฒนาเครื่องขัดชิ้นงานเหล็กต้นแบบ ซึ่งสามารถลดเวลาในกระบวนการ (Processing Time) จากเดิมอยู่ที่ 65 วินาที เหลือเพียง 10 วินาที หรือสามารถลดเวลาในกระบวนการลงได้ถึงร้อยละ 84.62

สำหรับการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบมีต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดที่อยู่ที่ 4,597.50 บาทต่อปี มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยการผลิตเท่ากับ 0.046 บาทต่อชิ้น และมีระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 0.55 ปี

ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านการยศาสตร์หลังการการใช้เครื่องขัดชิ้นงานต้นแบบ โดยมีผลการประเมินการยศาสตร์ด้วยวิธี RULA อยู่ที่ 2 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบกับผลคะแนนการประเมินทางด้านการยศาสตร์ของผู้ปฏิบัติงานดีขึ้นจากเดิมที่คะแนนอยู่ที่ 5 คะแนน ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ผู้ปฏิบัติไม่ต้องออกแรงยกเครื่องขัดแบบเดิมที่มีน้ำหนักถึง 1 กิโลกรัม และไม่ต้องก้มตัวหรือยึดตัวตลอดเวลาในการทำงาน

สำหรับข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต ผู้วิจัยจะทำการศึกษาเพิ่มเติมในการติดตั้งสายพานลำเลียงในส่วนของการเข้า-ออกของเครื่องขัดชิ้นงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความสะดวกเพิ่มมากขึ้น โดยไม่ต้องออกน้ำหนักแขนในการยกชิ้นงานเข้าและออกเครื่องขัดตลอดเวลา เป็นผลทำให้คะแนนประเมินทางด้านการยศาสตร์อยู่ในระดับ 1 คะแนน ซึ่งถือเป็นแนวปฏิบัติงานที่ดีที่สุดสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณอธิรุจน์ คงเนตร คุณนภัสกร มานะวิทยารักษ์ และคุณณัฐกร ธนกุลปรียา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นต่างๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] เกียรติไทยวัฒนากรูป. เครื่องขัดลม. 2565. เข้าถึงจาก: <https://www.ktw.co.th/ktwb2c/th/> [เข้าถึงเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2565]
- [2] สามารถ ไชยขาว, สมศักดิ์ สมานมิตร. การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องขัดกระดาษทรายสำหรับงานบากท่อ. [โครงการ]. ระวัง: วิทยาลัยเทคนิคอุตสาหกรรม; 2550.
- [3] สุชาติ จันทรมณีนัย, ธนากร เกียรติขวัญบุตร. รายงานการวิจัย เรื่องออกแบบและสร้างเครื่องขัดชิ้นงานแบบจานคู่. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ประจำปีงบประมาณ 2554. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2554. เข้าถึงจาก: <https://kb.psu.ac.th/psukb/handle/> [เข้าถึงเมื่อ 11 ตุลาคม 2564]
- [4] สุริยนต์ ฉิ่งแก้ว. การสร้างเครื่องขัดผิวงานทดสอบโลหะวิทยา. [วิทยานิพนธ์]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2546.
- [5] วีระวัฒน์ ทองงาม, จ่านง ชูด้วง. รายงานการวิจัย เรื่องสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ประจำปีงบประมาณ 2548. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 2548. เข้าถึงจาก: <https://kroonoi9.tripod.com/doc> [เข้าถึงเมื่อ 6 ธันวาคม 2564]
- [6] สรศักดิ์ เพียชัย. นวัตกรรม เครื่องขัดและล้างเกลียววาล์ว. [วิทยานิพนธ์]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2554
- [7] พิมพ์พรรณ ปรีองาม. การพัฒนาและทดสอบเครื่องขัดผิวท่อนอ้อยแบบป้อนต่อเนื่อง. [วิทยานิพนธ์]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2550.
- [8] สุกัญญา พลศรี, ณัฐภูมิ พลศรี. การสร้างเครื่องขัดกระดาษทรายแบบสายพานในงานเจียรไนและขัดแต่งผิว. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ. 2566; 3(1): 1-11.
- [9] Ergonomic Plus. แบบประเมินด้านการยศาสตร์. 2550. เข้าถึงจาก: <http://www.thai-ergonomic-assessment.blogspot.com/2014/07/rula.html> [เข้าถึงเมื่อ 23 กุมภาพันธ์ 2565]
- [10] McAtamney L, Cortett EN. RULA: survey method for the investigation of work-related upper limb disorder. *Applied Ergonomics*. 1993; 24(2): 91-99