# การพัฒนาเครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์
# Development of Drilling Machine for the Grate of Stove's Hearth by Using Hydraulic System

**ไพโรจน์ นะเที่ยง***
**Pairote Nathiang**
**ดร.กันต์ อินทุวงศ์****
**Dr.Gunt Intuwong**

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ที่สามารถเจาะรูและกรีดขอบด้านข้างของแผ่นรั้งผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ได้ในเวลาเดียวกันขณะที่ใช้งาน โดยการใช้กระบอกไฮดรอลิกส์แบบทำงานสองทาง (Double-acting Cylinder) ที่ให้ค่าแรงกดสูงสุดเท่ากับ 450 กิโลกรัมแรง ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอังโล่ที่มีส่วนผสมของดินเหนียวกับแกลบดำในอัตราส่วน 1:1.5 ที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาดๆ ละ10 แผ่น รวม 30 แผ่น พบว่าขนาดเบอร์ 1 น้ำหนักเฉลี่ย 1.62 กิโลกรัม ค่าความชื้นเฉลี่ย 10.49 % ใช้เวลาในการเจาะต่อแผ่นเฉลี่ย 08.30 วินาที ขนาดเบอร์ 2 น้ำหนักเฉลี่ย 1.30 กิโลกรัม ค่าความชื้นเฉลี่ย 11.53 % ใช้เวลาในการเจาะต่อแผ่นเฉลี่ย 07.34 วินาที และขนาดเบอร์ 3 น้ำหนักเฉลี่ย 1.01 กิโลกรัม ค่าความชื้นเฉลี่ย 14.85 % ใช้เวลาในการเจาะต่อแผ่นเฉลี่ย 07.35 วินาที ตามลำดับ

**คำสำคัญ : เตาถ่าน / ระบบไฮดรอลิกส์ / พลังงานที่ใช้เพื่อการหุงต้มในภาคครัวเรือน**

**ABSTRACT**

This research aims to design and develop drilling machine for the grate of stove's hearth by using hydraulic system in order to enable such machine to drill and cut the edge of the grate of stove's hearth simultaneously. Double-acting cylinder with the highest pressure level at 450 kilogram-force was used. The results obtained from the performance testing of drilling 30 grates of three different sizes of grate of stove's hearth (10 grate per each size) with mixture of clay and black rice husk in the proportion of 1:1.5, it was found that grate of stove's hearth with Number 1 size had average weight of 1.62 kilograms with average humidity at 10.49%and average duration of drilling per grate was 08.30 seconds while grate of stove's hearth with Number 2 size had average weight of 1.30 kilograms with average humidity at 11.53%and average duration of drilling per grate was 07.34 seconds, and grate of stove's hearth with Number 3 size had average weight of 1.01 kilograms with average humidity at 14.85%and average duration of drilling per grate was 07.35 seconds, respectively.

**Keywords : Stove / Hydraulic System / Energy Used for Cooking in Household**

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

เตาถ่านหรือเตาอั้งโล่นับว่าเป็นอุปกรณ์ที่อยู่คู่ครัวเรือนไทยมานานนับหลายร้อยปีแม้ในปัจจุบันโลกของเทคโนโลยีจะมีการพัฒนาไปมากเพียงใดแต่ด้วยภูมิปัญญาพื้นบ้านที่เรียบง่ายและประหยัดจึงทำให้ประชาชนภาคครัวเรือนในบางพื้นที่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมหันกลับมาใช้เตาถ่านหรือเตาอั้งโล่เพิ่มมากขึ้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของภาคครัวเรือน โดยเตาอั้งโล่สามารถใช้ทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้มที่มีราคาสูงขึ้นได้เป็นอย่างดี เนื่องจากพลังงานที่ใช้เพื่อการหุงต้มในภาคครัวเรือนส่วนใหญ่ของประเทศไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังคงเป็นเชื้อเพลิงจากถ่านไม้และฟื้นเป็นหลัก เพราะเป็นเชื้อเพลิงที่หาได้ง่าย ราคาถูก จากสถิติเมื่อปี 2545 ครัวเรือนประมาณ 5.8 ล้านครัวเรือนยังคงใช้เตาอั้งโล่สำหรับการหุงต้มในครัวเรือนอยู่ (เดชอนันต์, 2545) การผลิตเตาถ่านหรือเตาอั้งโล่ส่วนใหญ่จะผลิตกันในลักษณะอุตสาหกรรมในระดับชุมชน กระบวนการผลิตมักใช้วัตถุดิบและแรงงานในท้องถิ่นเป็นหลัก ส่วนรูปแบบเตาอั้งโล่มักมีรูปแบบที่แตกต่างกันตามความรู้หรือภูมิปัญญาในแต่ละท้องถิ่น เตาอั้งโล่มีลักษณะคล้ายถังน้ำและมีการเสริมปากขอบเตาด้านบนด้วยดินปั้นเป็นก้อนตามรูปขอบเตา 3 ก้อนเพื่อรองน้ำหนักภาชนะหุงต้ม เตาอั้งโล่จะทำด้วยส่วนผสมของดิน ด้านนอกมีเปลือกโลหะหุ้ม มีช่องระบายลมที่ส่วนด้านล่างของตัวเตา โดยมีแผ่นรังผึ้งที่มีลักษณะเป็นแผ่นกลมหนาประมาณ 2.5 เซนติเมตร มีรูเล็กๆมากน้อยตามขนาดของเตาซึ่งแผ่นรังผึ้งอาจเป็นดินเผาหรือเหล็กแผ่นเจาะเป็นรูๆ สำหรับรองถ่านเพื่อให้ลมเดินผ่านได้และขี้เถ้าตกลงข้างล่าง (เดชอนันต์, 2545) แผ่นรังผึ้งของเตาอั้งโล่นับว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญและบอบบางมากที่สุด การผลิตแผ่นรังผึ้งของเตาอั้งโล่เริ่มจากการปั้นลูกดินและตบดินให้เป็นแผ่นกลมจากนั้นจึงนำไปผึ่งลมให้หมาด แล้วจึงนำมาทำการเจาะรูแผ่รังผึ้งและตกแต่งขอบให้มีขนาดเท่ากับก้นเตาแล้วจึงนำไปเข้าเตาเผา ซึ่งการผลิตแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่ที่ผลิตกันในลักษณะของอุตสาหกรรมในครอบครัวจะผลิตด้วยแรงงานคนมีอัตราการผลิตเฉลี่ย 100 แผ่นต่อการทำงาน 2 วัน (ไพโรจน์, 2555) โดยในขั้นตอนของการเจาะรูแผ่นรังผึ้งของเตาอั้งโล่นั้นนิยมใช้ท่อเหล็กแผ่นบางม้วนเป็นรูปทรงกรวยปลายด้านหนึ่งแคบกว่าอีกข้างหนึ่งมีรูกลวงอยู่ด้านในเป็นเครื่องมือหลักในการเจาะแผ่น รังผึ้ง (เดชอนันต์, 2545) จึงทำให้จำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีประสบการณ์ในการทำงานเพื่อทำให้ระยะห่างของรูที่กดเจาะลงบนแผ่นรังผึ้งนั้นมีระยะห่างที่เท่ากัน ซึ่งหากว่าทำการกดเจาะรูบนแผ่นรั้งผึ้งมีระยะห่างระหว่างรูไม่เท่ากันแล้วจะมีผลทำให้แผ่นรังผึ้งเกิดการแตกร้าวในขั้นตอนของการเผาซึ่งส่งผลเสียอย่างมากในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่ ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนากระบวนการผลิตเตาอั้งโล่ในขั้นตอนของการผลิตแผ่นรังผึ้งของผู้ประกอบการในระดับอุตสาหกรรมชุมชน ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีเครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ขึ้นมา โดยมุ่งหวังที่จะก่อให้เกิดเครื่องจักรกลการผลิตที่มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ลดปัญหาการพึ่งพาแรงงานฝีมือที่มีความชำนาญเฉพาะ ลดปัญหาของเสียในกระบวนการผลิต และสามารถเพิ่มกำลังการผลิต อีกทั้งยังก่อให้เกิดการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมในระดับชุมชนในด้านการพัฒนามาตรฐานการผลิตส่งผลต่อความมั่งคงของอุตสาหกรรมในระดับชุมชมได้อย่างยั่งยืนต่อไป

**ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**

กำลังแรงม้าของไฮดรอลิกส์ที่ได้จากกระบอกไฮดรอลิกส์ ซึ่งหาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้ (ขวัญชัย, 2539)

$$HP = \frac{F.V}{550} = \frac{Q(gpm).P(psi)}{1714} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อกำหนดให้

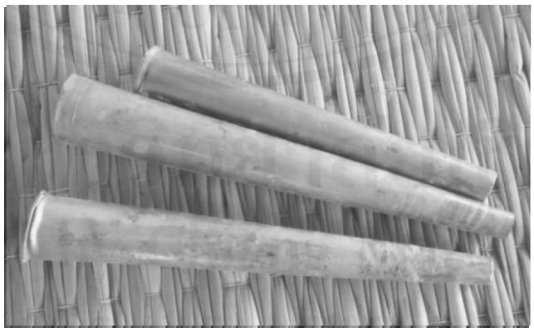
| | |
|---|---|
| F | คือ แรงจากกระบอกไฮดรอลิกส์ (lb) |
| P | คือ ความดันในกระบอกไฮดรอลิกส์ (psi) |
| $A_{piston}$ | คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (ตารางนิ้ว) |
| $A_{rod}$ | คือ พื้นที่หน้าตัดของก้านสูบ (ตารางนิ้ว) |
| Q | คือ อัตราการไหลเข้ากระบอกไฮดรอลิกส์ (ft/sec) |
| V | คือ ความเร็วของลูกสูบ (ft/sec) |

**วิธีดำเนินการวิจัย**

1. การศึกษาวิธีการเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยแรงงานคน สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้ (ไพโรจน์, 2555)

ในการเจาะรูแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่นั้นผู้ผลิตจะใช้เครื่องมือที่มีลักษณะเป็นท่อเหล็กที่มีรูกลวงอยู่ด้านในเป็นอุปกรณ์ในการเจาะ หลังจากเจาะรูเสร็จแล้วจึงทำการกรีดขอบด้านข้างของแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโลให้เรียบด้วยการใช้แผ่นแม่แบบที่ทำจากแผ่นสังกะสีวงกลมที่มีด้ามมีดติดอยู่มีลักษณะคล้ายกับวงเวียนที่แบ่งไว้ตามขนาดเบอร์ 1 เบอร์ 2 และเบอร์ 3 วางทาบลงกับแผ่นรังผึ้ง แล้วจึงใช้มือจับด้ามมีดกรีดไปรอบๆเป็นวงกลมจนผิวด้านข้างของแผ่นรังผึ้งเรียบและได้ขนาดตามเบอร์ของแผ่นรังผึ้งที่กำหนดไว้ ดังภาพที่ 1 ถึงภาพที่ 4

**ภาพที่ 1** แม่แบบกำหนดขนาดแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่



**ภาพที่ 2** เครื่องมือสำหรับเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่

**ภาพที่ 3** การเจาะรูแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่

**ภาพที่ 4** การกรีดขอบด้านข้างแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่

2. การเก็บข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะและกรีดแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยแรงงานคน สามารถสรุปผลการศึกษาไว้ในตารางที่ 1-3

**ตารางที่ 1** การเจาะแผ่นรังผึ้งเบอร์ 1 (ขนาด Ø24 cm)

| **แผ่นที่** | **เวลาที่ใช้ในการทำงาน(วินาที)** | | **เวลารวม** |
|---|---|---|---|
| | เจาะรู | กรีดขอบ | **(วินาที)** |
| 1 | 18.07 | 08.32 | 26.39 |
| 2 | 15.00 | 08.47 | 23.47 |
| 3 | 12.35 | 08.09 | 20.44 |
| 4 | 16.19 | 07.54 | 23.73 |
| 5 | 17.49 | 08.30 | 25.79 |
| 6 | 14.33 | 09.07 | 23.40 |
| 7 | 17.23 | 06.43 | 23.65 |
| 8 | 15.48 | 06.43 | 21.91 |
| 9 | 13.11 | 08.07 | 21.18 |
| 10 | 18.38 | 07.28 | 25.66 |
| **เฉลี่ย** | **15.22** | **07.80** | **23.56** |

**ตารางที่ 2** การเจาะแผ่นรังผึ้งเบอร์ 2 (ขนาด Ø23 cm)

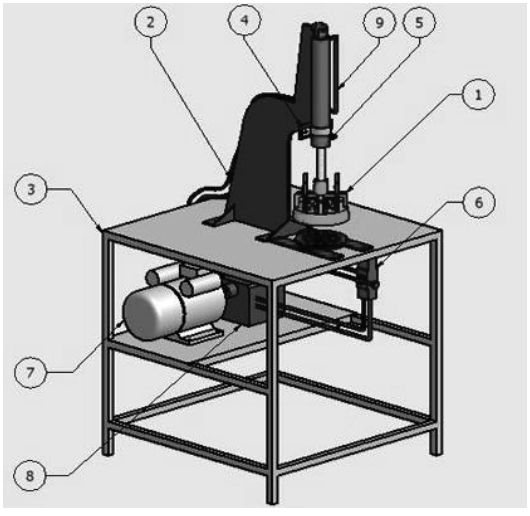
| **แผ่นที่** | **เวลาที่ใช้ในการทำงาน(วินาที)** | | **เวลารวม** |
|---|---|---|---|
| | เจาะรู | กรีดขอบ | **(วินาที)** |
| 1 | 12.20 | 07.59 | 19.70 |
| 2 | 11.52 | 07.27 | 18.79 |
| 3 | 14.25 | 07.39 | 21.64 |
| 4 | 12.16 | 08.20 | 20.36 |
| 5 | 11.55 | 08.31 | 19.86 |
| 6 | 10.58 | 07.38 | 17.96 |
| 7 | 08.47 | 09.23 | 17.70 |
| 8 | 10.35 | 08.35 | 18.70 |
| 9 | 12.60 | 08.26 | 20.86 |
| 10 | 12.23 | 07.18 | 19.41 |
| **เฉลี่ย** | **11.59** | **07.92** | **19.49** |

**ตารางที่ 3** การเจาะแผ่นรังผึ้งเบอร์ 3 (ขนาด Ø21 cm)

| แผ่นที่ | เวลาที่ใช้ในการทำงาน(วินาที) | | เวลารวม (วินาที) |
|---|---|---|---|
| | เจาะรู | กรีดขอบ | |
| 1 | 07.30 | 09.19 | 16.49 |
| 2 | 10.01 | 07.31 | 17.14 |
| 3 | 13.03 | 06.56 | 19.62 |
| 4 | 09.36 | 06.54 | 15.90 |
| 5 | 10.31 | 06.47 | 16.68 |
| 6 | 15.39 | 06.37 | 21.74 |
| 7 | 09.14 | 06.10 | 15.24 |
| 8 | 18.47 | 06.20 | 24.67 |
| 9 | 09.43 | 05.69 | 15.12 |
| 10 | 11.46 | 04.39 | 15.85 |
| **เฉลี่ย** | **11.39** | **06.45** | **17.84** |

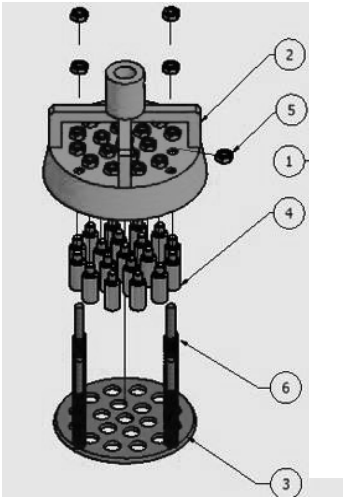
3. การออกแบบเครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ

3.1 การออกแบบในส่วนของโครงสร้างนั้นออกแบบให้ตัวเครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่มีโครงสร้างหลักสำคัญสองส่วนคือส่วนของตัวโครงสร้างเลือกใช้เหล็กฉากขนาด 2x2 นิ้ว หนา 2.5 มิลลิเมตร ขนาดความสูงจากฐานถึงแขนยึดกระบอกไฮดรอลิกส์มีความสูง 1500 มิลลิเมตร และความสูงจากแท่นวางชิ้นงานถึงแขนยึดกระบอกไฮดรอลิกส์มีความสูง 800 มิลลิเมตร และในส่วนของแท่นวางชิ้นงานมีความกว้าง 700 มิลลิเมตร และมีความยาว 600 มิลิเมตร โดยลักษณะตัวโครงสร้างและส่วนประกอบหลักของเครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ระบบไฮดรอลิกส์ แสดงไว้ตามภาพที่ 5

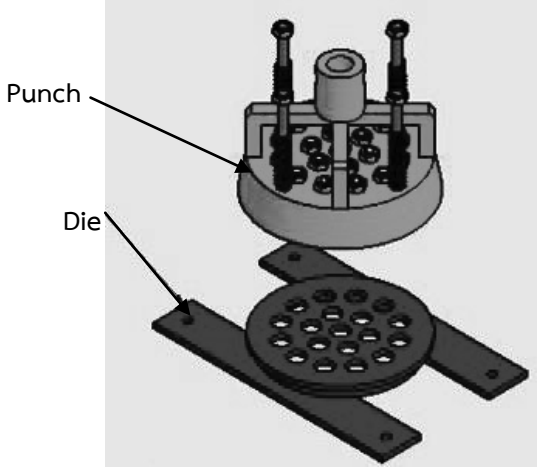



**ภาพที่ 5** โครงสร้างหลักของเครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ระบบไฮดรอลิกส์

3.2 การออกแบบหัวกดเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ ผู้วิจัยได้ออกแบบหัวกดเจาะไว้ 3 แบบตามขนาดของแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่ตั้งแต่เบอร์ 1 (ขนาด Ø24 cm) เบอร์ 2 (ขนาด Ø23 cm) และเบอร์ 3 (ขนาด Ø21cm) ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนหัวกดเจาะได้ตามความต้องการ โดยหัวกดเจาะประกอบด้วยหัวปั้ม (Punch) และแผ่นรองรับชิ้นงาน (Die) (วริทธิ์, 2541) การทำงานของหัวปั้มกดเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่จะทำงานโดยการกดหัวปั้ม (Punch) ลงกระแทกกับแผ่นรังผึ้งที่วางอยู่บนแผ่นรองรับชิ้นงาน (Die) ที่อยู่ด้านล่าง โดยหัวปั้ม (Punch) จะทำหน้าที่กดเจาะและกรีดขอบด้านข้างของแผ่นรังผึ้งในเวลาเดียวกัน ดังแสดงภาพของหัวปั้มสำหรับกดเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ระบบไฮดรอลิกส์ ไว้ตามภาพที่ 6 และภาพที่ 7




**ภาพที่ 6** ส่วนประกอบของหัวปั้มกดเจาะ (Punch)




**ภาพที่ 7** หัวปั้ม (Punch) และแผ่นรองรับชิ้นงาน (Die)

การทำงานของเครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ระบบไฮดรอลิกส์ นั้นจะใช้กระบอกไฮดรอลิกส์แบบทำงานสองทาง (Double-acting Cylinder) (ขวัญชัย, 2539) เป็นตัวส่งกำลังในการกดเจาะแผ่นรังผึ้ง

ระบบการทำงานจะเริ่มจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด1.5แรงม้า ที่ใช้เป็นต้นกำลังในการขับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์เพื่อทำหน้าที่สร้างแรงดันให้กับน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์ แล้วส่งต่อแรงดันไปดันกระบอกไฮดรอลิกส์ โดยจะต้องผ่านชุดควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์แบบคันโยกปิด-เปิด แบบ 4 ทิศทางที่ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการขึ้น-ลงของกระบอกไฮดรอลิกส์ ซึ่งส่วนปลายกระบอกไฮดรอลิกส์จะติดตั้งชุดหัวปั้ม (Punch) สำหรับกดเจาะรูและกรีดขอบด้านข้างของแผ่นรังผึ้งเอาไว้ให้ค่าแรงกดสูงสุดเท่ากับ 450 กิโลกรัมแรง ดังแสดงภาพการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ระบบไฮดรอลิกส์ ไว้ตามภาพที่ 8 และภาพที่ 9

**ภาพที่ 8** การวางแผ่นรังผึ้งไว้บนแผ่นรองชิ้นงาน (Die)

**ภาพที่ 9** การยกหัวปั้ม (Punch) ขึ้นหลังจากกดเจาะ

**ผลการวิจัย**

1. ผลการทดสอบสมรรถนะการใช้งานของต้นแบบเครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ระบบไฮดรอลิกส์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นโดยทำการเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ตามขนาดเบอร์ต่างๆ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

**ตารางที่ 4** การเจาะแผ่นรังผึ้งเบอร์ 1 (ขนาด Ø24 cm)

| **แผ่นที่** | **แผ่นรังผึ้ง เบอร์ 1 (ขนาด Ø24 cm)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | น้ำหนัก (Kg) | ความชื้น (%) | ความหนาแน่น ($Kg/m^3$) | เวลาที่ใช้เจาะ (วินาที) |
| 1 | 1.55 | 9.67 | 430.55 | 06.98 |
| 2 | 1.65 | 9.09 | 458.33 | 08.00 |
| 3 | 1.75 | 8.57 | 486.11 | 09.00 |
| 4 | 1.55 | 9.67 | 430.55 | 08.33 |
| 5 | 1.75 | 8.57 | 486.11 | 08.01 |
| 6 | 1.55 | 9.67 | 430.55 | 09.11 |
| 7 | 1.75 | 8.57 | 486.11 | 07.98 |
| 8 | 1.65 | 9.09 | 458.33 | 07.97 |
| 9 | 1.65 | 9.09 | 458.33 | 07.69 |
| 10 | 1.55 | 9.67 | 430.55 | 09.03 |
| **เฉลี่ย** | **1.62** | **10.49** | **450** | **08.30** |

**ตารางที่ 5** การเจาะแผ่นรังผึ้งเบอร์ 2 (ขนาด Ø23 cm)

| แผ่นที่ | แผ่นรังผึ้ง เบอร์ 2(ขนาด Ø23 cm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | น้ำหนัก (Kg) | ความชื้น (%) | ความหนาแน่น ($Kg/m^3$) | เวลาที่ใช้เจาะ (วินาที) |
| 1 | 1.35 | 11.11 | 401.17 | 06.00 |
| 2 | 1.25 | 12 | 376.506 | 07.20 |
| 3 | 1.25 | 12 | 376.506 | 07.42 |
| 4 | 1.35 | 11.11 | 401.17 | 07.11 |
| 5 | 1.35 | 11.11 | 401.17 | 07.38 |
| 6 | 1.25 | 12 | 376.506 | 06.87 |
| 7 | 1.25 | 12 | 376.506 | 08.09 |
| 8 | 1.35 | 11.11 | 401.17 | 08.21 |
| 9 | 1.25 | 12 | 376.506 | 08.66 |
| 10 | 1.35 | 11.11 | 401.17 | 07.72 |
| **เฉลี่ย** | **1.30** | **11.53** | **386.21** | **07.34** |

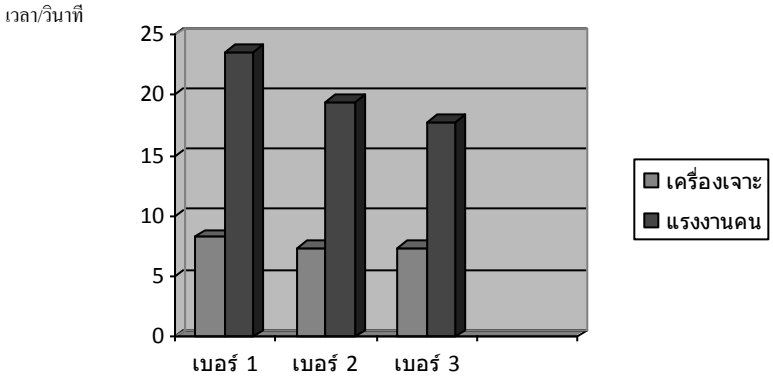
**ตารางที่ 6** การเจาะแผ่นรังผึ้งเบอร์ 3 (ขนาด Ø21 cm)

| แผ่นที่ | แผ่นรังผึ้ง เบอร์ 3(ขนาด Ø21 cm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | น้ำหนัก (Kg) | ความชื้น (%) | ความหนาแน่น ($Kg/m^3$) | เวลาที่ใช้เจาะ (วินาที) |
| 1 | 1.05 | 14.28 | 507.24 | 09.15 |
| 2 | 0.95 | 15.78 | 458.93 | 08.67 |
| 3 | 1.05 | 14.28 | 507.24 | 05.16 |
| 4 | 1.05 | 14.28 | 507.24 | 06.02 |
| 5 | 1.05 | 14.28 | 507.24 | 07.20 |
| 6 | 0.95 | 15.78 | 458.93 | 08.52 |
| 7 | 0.95 | 15.78 | 458.93 | 06.33 |
| 8 | 1.05 | 14.28 | 507.24 | 07.10 |
| 9 | 1.05 | 14.28 | 507.24 | 06.99 |
| 10 | 0.95 | 15.78 | 458.93 | 08.38 |
| **เฉลี่ย** | **1.01** | **14.85** | **487.92** | **07.35** |

3. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านเวลาในการเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยเครื่องจักรต้นแบบที่พัฒนาขึ้นกับการเจาะและกรีดขอบด้วยแรงงานคน ปรากฏผลดังนี้

จากการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าการใช้แรงงานคนเจาะและกรีดขอบแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่แบบเดิมจะใช้เวลานานกว่าการใช้เครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งที่พัฒนาขึ้นจากการหาค่าเวลาเฉลี่ย พบว่าการที่ใช้เครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่เบอร์ 1 ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 08.30 วินาทีต่อแผ่น ขณะที่การใช้แรงงานคนเจาะ

และกรีดขอบจะใช้เวลาเฉลี่ย 23.56 วินาทีต่อแผ่น ส่วนการเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่เบอร์ 2 จะใช้เวลาโดยเฉลี่ย 07.34 วินาทีต่อแผ่น ในขณะที่การใช้แรงงานคนเจาะและกรีดนั้นใช้เวลาเฉลี่ย 19.49 วินาทีต่อแผ่น และการเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่เบอร์ 3 จะใช้เวลาโดยเฉลี่ย 07.35 วินาทีต่อแผ่น ในขณะที่การใช้แรงงานคนเจาะและกรีดใช้เวลาเฉลี่ย 17.84 วินาที ดังภาพที่ 11




**ภาพที่ 11** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านเวลาการเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นด้วยเครื่องจักรกับการใช้แรงงานคน

**อภิปรายผล**

ผลจากการพัฒนากระบวนการเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยการใช้ระบบไฮดรอลิกส์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นทำให้สามารถลดขั้นตอนและระยะเวลาในการเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ได้เป็นอย่างมาก และเมื่อนำไปใช้งานจริงกับกลุ่มผู้ผลิตเตาอั้งโล่บ้านหนองผา ตำบลท่าเสา อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ แล้วจึงพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและยังส่งผลทำให้จำนวนแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่ที่แตกหักเสียหายหลังจากเผาลดลงได้ 40% โดยประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้นเมื่อมีการนำไปใช้งานจริงให้ผลที่ไม่แตกต่างกับประสิทธิภาพที่ได้จาการทดสอบแต่มีผลการวิจัยบางประเด็นที่สามารถหยิบยกนำมาอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

ด้านการออกแบบเครื่องเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ที่ผู้วิจัยเลือกใช้กระบอกไฮดรอลิกส์แบบทำงานสองทาง (Double-acting Cylinder) เป็นตัวส่งกำลังในการกดเจาะแผ่นรังผึ้ง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการขับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์เพื่อทำหน้าที่สร้างแรงดันให้กับน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์ที่สามารถให้ค่าแรงกดสูงสุดเท่ากับ 450 กิโลกรัมแรง ซึ่งผลจากการทดสอบสมรรถนะด้านการใช้งานแล้วพบว่า ค่ากำลังแรงกดของเครื่องเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ มีกำลังเพียงพอสำหรับการกดเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ที่มีส่วนผสมของดินเหนียวกับแกลบดำในอัตราส่วนผสม 1 : 1.5 ผ่านการพึ่งลมให้หมาดเป็นเวลา 3 วัน หรือ (72 ชั่วโมง) ทั้งขนาดเบอร์ 1 น้ำหนักเฉลี่ย 1.62 กิโลกรัม มีค่าความชื้นเท่ากับ 10.49 % ขนาดเบอร์ 2 น้ำหนักเฉลี่ย 1.30 กิโลกรัม มีค่าความชื้นเท่ากับ 11.53% และขนาดเบอร์ 3 น้ำหนักเฉลี่ย 1.01 กิโลกรัม มีค่าความชื้นเท่ากับ 14.85% ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าค่าน้ำหนักแรงกดของเครื่องเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ที่ผู้วิจัยได้คำนวณตามหลักการหาค่ากำลังไฮดรอลิกส์ที่ได้จากกระบอกไฮดรอลิกส์ (ขวัญชัย, 2539) ที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานสำหรับการเจาะรูแผ่นลิ้นรังผึ้งที่มีการเตรียมตามขั้นตอนของผู้ประกอบการผลิตเตาอั้งโล่เป็นอย่างมาก เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับการเจาะ

แผ่นลิ้นรังผึ้งด้วยการใช้แรงงานคนแล้วพบว่าการกดเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์นั้นไม่ส่งผลเสียหายอย่างไรกับแผ่นรังผึ้ง แต่การกดเจาะด้วยเครื่องเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์กลับสามารถทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการทำงานได้เป็นอย่างมาก โดยมีอัตราการผลิตเฉลี่ย 469 แผ่น/ชั่วโมง เนื่องจากช่วยลดขั้นตอนการทำงานเจาะรูและกรีดขอบด้านข้างของแผ่นรังผึ้งให้เหลือเพียงขั้นตอนเดียวและสามารถกดเจาะรูบนแผ่นลิ้นรังผึ้งได้อย่างแม่นยำกว่าการเจาะด้วยแรงงานคน จึงมีผลทำให้แผ่นลิ้นรังผึ้งเตาอั้งโล่นั้นมีระยะของรูที่เท่ากันมากกว่าการผลิตด้วยแรงงานคน

ด้านอิทธิพลของค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นรังผึ้งที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ระบบไฮดรอลิกส์ จากการคำนวณหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นรังผึ้งที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับการทดสอบทั้ง 3 เบอร์ พบว่าแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่เบอร์ 1 มีค่าความหนาแน่น 450kg/$m^3$ มีค่าความชื้นอยู่ที่ 10.49 % ใช้เวลาในการเจาะเฉลี่ยเท่ากับ 08.30 วินาที ต่อการเจาะแผ่นรังผึ้ง 1แผ่น ส่วนแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่เบอร์ 2 มีความหนาแน่น 386.21kg/$m^3$ มีค่าความชื้นอยู่ที่ 11.53 % ใช้เวลาในการเจาะโดยเฉลี่ยเท่ากับ 07.34 วินาที ต่อการเจาะแผ่นรังผึ้ง 1 แผ่น ส่วนแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่เบอร์ 3 ที่มีความหนาแน่น 487.92kg/$m^3$ มีค่าความชื้นอยู่ที่ 14.85 % ใช้เวลาในการเจาะโดยเฉลี่ยเท่ากับ 07.35 วินาที ต่อการเจาะแผ่นรังผึ้ง 1 แผ่น ซึ่งผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการกดเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่เบอร์ต่างๆที่มีค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นที่แตกต่างกันจะเห็นว่าจะใช้ระยะเวลาการกดเจาะแผ่นรังผึ้งไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าค่าน้ำหนักแรงกดของระบบไฮดรอลิกส์ที่ 450 กิโลกรัมแรง สามารถที่จะกดเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ที่มีส่วนผสมของดินเหนียวกับแกลบดำในอัตราส่วนผสม 1 : 1.5 ผ่านการพึ่งลมให้หมาดเป็นเวลา 3 วัน หรือ (72 ชั่วโมง) ได้อย่างเหมาะสม

**สรุปผล**

เครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีขนาดความสูงจากฐานถึงแขนยึดกระบอกไฮดรอลิกส์มีความสูง 1500 มิลลิเมตร และความสูงจากแท่นวางชิ้นงานถึงแขนยึดกระบอกไฮดรอลิกส์มีความสูง 800 มิลลิเมตร และในส่วนของแท่นวางชิ้นงานมีความกว้าง 700 มิลลิเมตร และมีความยาว 600 มิลลิเมตร การออกแบบหัวปั้มกดเจาะรูรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ระบบ ไฮดรอลิกส์ ผู้วิจัยได้ออกแบบหัวปั้มกดเจาะไว้ 3 แบบตามขนาดของแผ่นรังผึ้งเตาอั้งโล่ตั้งแต่เบอร์ 1 (ขนาด Ø24 cm) เบอร์ 2 (ขนาด Ø23 cm) และเบอร์ 3 (ขนาด Ø21 cm) ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนหัวปั้มกดเจาะได้ตามต้องการ โดยหัวปั้มกดเจาะประกอบด้วยหัวปั้ม(Punch)และแผ่นรองรับชิ้นงาน (Die) การทำงานของหัวปั้มกดเจาะรูแผ่นรังผึ้งจะทำงานโดยการกดหัวปั้ม (Punch) ลงกระแทกกับแผ่นรังผึ้งที่วางอยู่บนแผ่นรองรับชิ้นงาน (Die) โดยหัวปั้ม (Punch) จะทำหน้าที่กดเจาะและกรีดขอบด้านข้างของแผ่นรังผึ้งในเวลาเดียวกัน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการไปขับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์เพื่อทำหน้าที่สร้างแรงดันให้กับน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์ แล้วส่งต่อแรงดันไปดันกระบอกไฮดรอลิกส์ที่ติดตั้งกับชุดหัวปั้ม (Punch) สำหรับการกดเจาะรูและกรีดขอบด้านข้างของแผ่นรั้งผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่เอาไว้ โดยให้ค่าแรงกดสูงสุดเท่ากับ 450 กิโลกรัมแรง

ผลการศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องเจาะแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ระบบไฮดรอลิกส์ โดยการที่ผู้วิจัยใช้แผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ที่มีส่วนผสมของดินเหนียวกับแกลบดำในอัตราส่วนผสม 1 : 1.5 ที่ผ่านการพึ่งลมให้หมาดเป็นเวลา 3 วัน หรือ (72 ชั่วโมง) มาใช้เป็นตัวอย่างในการทดสอบพบว่า การเจาะแผ่นรังผึ้งที่มีน้ำหนักตามขนาดเบอร์1 ที่มีน้ำหนักก่อนตากเฉลี่ย 1.79 กิโลกรัม และน้ำหนักหลังตากเฉลี่ย 1.62 กิโลกรัม มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ 450 kg/$m^3$ และมีค่าความชื้นอยู่ที่ 10.49 % จะใช้เวลาในการเจาะเฉลี่ย

เท่ากับ 08.30 วินาที ต่อการเจาะแผ่นรังผึ้ง 1แผ่น ส่วนแผ่นรังผึ้งที่มีน้ำหนักตามขนาดเบอร์ 2 ที่มีน้ำหนักก่อนตากเฉลี่ย 1.45 กิโลกรัม และน้ำหนักหลังตากเฉลี่ย 1.30 กิโลกรัม มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ 386.21kg/$m^3$ และมีค่าความชื้นอยู่ที่ 11.53 % จะใช้เวลาในการเจาะโดยเฉลี่ยเท่ากับ 07.34 วินาที ต่อการเจาะแผ่นรังผึ้ง 1 แผ่น และแผ่นรังผึ้งที่มีน้ำหนักตามขนาดเบอร์3 ที่มีน้ำหนักก่อนตากเฉลี่ย 1.16 กิโลกรัม และน้ำหนักหลังตากเฉลี่ย 1.01 กิโลกรัม มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ 487.92kg/$m^3$ และมีค่าความชื้นอยู่ที่ 14.85 % จะใช้เวลาในการเจาะโดยเฉลี่เท่ากับ 07.35 วินาที ต่อการเจาะแผ่นรังผึ้ง 1 แผ่น เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านเวลาในการเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่ด้วยเครื่องจักรต้นแบบที่พัฒนาขึ้นกับการเจาะและกรีดด้วยแรงงานคน พบว่าการใช้เครื่องเจาะรูแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่เบอร์1 ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 08.30 วินาทีต่อแผ่น ในขณะที่การใช้แรงงานคนเจาะและกรีดจะใช้เวลาเฉลี่ย23.56วินาทีต่อแผ่น แผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่เบอร์ 2 จะใช้เวลาโดยเฉลี่ย 07.34 วินาทีต่อแผ่น ในขณะที่การใช้แรงงานคนเจาะและกรีดนั้นใช้เวลาเฉลี่ย 19.49 วินาทีต่อแผ่น และแผ่นรังผึ้งลิ้นเตาอั้งโล่เบอร์ 3 จะใช้เวลาโดยเฉลี่ย 07.35 วินาทีต่อแผ่น ในขณะที่การใช้แรงงานคนเจาะและกรีดใช้เวลาเฉลี่ย 17.84 วินาที

**ข้อเสนอแนะ**

1.ควรปรับตั้งชุดวางแผ่นรังผึ้งกับชุดเจาะขึ้นรูปแผ่นรังผึ้งให้มีจุดศูนย์กลางสมดุลกัน

2.ควรแยกขนาดแต่ละเบอร์ก่อนทำการเจาะขึ้นรูป เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการปรับตั้งชุดเจาะขึ้นรูปแผ่นรังผึ้ง

3.ควรมีการวิจัยชุดวางแผ่นรังผึ้ง 3 เบอร์ เพื่อปรับตั้งชุดวางแผ่นรังผึ้ง เพื่อเป็นการลดเวลาในการปรับตั้งและความปลอดภัยในการวางชิ้นงาน

4.ควรมีการสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์จับยึดชุดวางแผ่นรังผึ้งและชุดเจาะขึ้นรูปแผ่นรังผึ้ง เพื่อยึดตำแหน่งของทั้งสองชุดให้ตรงกับขนาดของแต่ละเบอร์

**เอกสารอ้างอิง**

ขวัญชัย สินทิพย์ และปานเพชร ชนินทร. (2539). **ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด.

เดชอนันต์ โกมาสถิต. (2545). **รายงานการวิจัยเรื่องการปรับปรุงเตาอั้งโล่ฟืนปากยื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน**. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคราม.

นิตต์อลิน พันธุ์อภัย และคนอื่นๆ. (2552). เครื่องหีบน้ำมันสบู่ดำกึ่งอัตโนมัติด้วยระบบไฮดรอกลิกส์สำหรับชุมชนขนาดเล็ก, **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 23**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ไพโรจน์ นะเที่ยง และคนอื่นๆ. (2555). **รายงานการวิจัยเรื่องการออกแบบและพัฒนาเครื่องเจาะขึ้นรูปรังผึ้งเตาอังโล่ระบบ ไฮดรอลิกส์**. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

พิสิษฐ์ เตชะรุ่งไพศาล และอริยาภรณ์ พงษ์รัตน์. (2549, กันยายน-ตุลาคม). เครื่องสกัดน้ำมันงา. **วารสารวิศวกรรมสาร มข, 33**(5), 565-576.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. (2541). **การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1.** (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด.

ศศิธร จารุสมบัติ และคนอื่นๆ. (2554**,** ตุลาคม-มกราคม 2555). การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระดาษและการทำกระดาษจากพืชหอม : กรณีศึกษาเตยหอมและตะไคร้หอม. **วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 11**(1), 40-59.

สาส์น สาสนกุล และธัญญะ เกียรติวัฒน์. (2552, พฤศจิกายน-มกราคม 2553).การศึกษาและออกแบบเครื่องอัดก้อนแร่สำหรับการเลี้ยงปศุสัตว์. **วารสารวิศวกรรมสาร มก, 70**(22), 85-95.

สุพจน์ อนุพงษ์พิชาติ และสุเทพ บุตรดี. (2555, มกราคม-เมษายน).การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน**. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 4**(1) 46-59.

อดุลย์ พุกอินทร์. (2555, มกราคม-มิถุนายน). การออกแบบและพัฒนาเครื่องเมล็ดสบู่ดำ. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง**, **5**(1), 59-67.