การลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection โดยการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

The Reduction of Moisture in Brass Mold with Horizontal Convection Method by Automatic Temperature Control

วิรงรอง แสงเดือน[1*]

Sangduan, W.[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection โดยมีการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองได้อย่างรวดเร็ว ผู้วิจัยได้ออกแบบตู้ทดสอบเพื่อลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง โดยมีการกระจายอุณหภูมิด้วยวิธี Horizontal convection และดำเนินการเก็บข้อมูลการกระจายความร้อนภายในตู้ทดสอบ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของตู้ทดสอบมีวิธีการ 2 วิธี คือ 1) การทดสอบประสิทธิภาพของชุดควบคุมอุณหภูมิและทดสอบหาประสิทธิภาพสูงสุดของตู้ทดสอบลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง 2) การทดสอบหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดควบคุมอุณหภูมิ พบว่า ชุดควบคุมอุณหภูมิสามารถตัดการทำงานของขดลวดความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง และผลการทดสอบ เวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง แบบระฆัง 3 ขนาด คือ แม่พิมพ์ระฆังขนาดเล็กจำนวน 40 ชิ้น ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 2 ชั่วโมง

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

* Corresponding Author, Email: Wirongrong2@hotmail.com

แม่พิมพ์ระฆังขนาดกลางจำนวน 40 ชิ้น ใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และแม่พิมพ์ระฆังขนาดใหญ่ จำนวน 20 ชิ้น ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 5 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า ตู้ลดความชื้นแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง มีจุดคุ้มทุนในการลดความชื้นในแม่พิมพ์ 4,046 ชิ้น/ปี ให้อัตราตอบแทนเงินทุน 72.82% ต่อปี ระยะคืนทุน 2 ปี เมื่อทำการลดความชื้น 60 วัน/ปี และราคาขายผลิตภัณฑ์เครื่องทองเหลือง 250 บาท/ชิ้น

คำสำคัญ : แม่พิมพ์ทองเหลือง, การลดความชื้น, วิธี Horizontal Convection

Abstract

The purpose of this research was to investigate the moisture content of brass mold by horizontal convection method by dehumidifying quickly the brass mold. The researcher has designed a test cabinet to reduce the humidity in the brass mold by distributing the temperature by the horizontal convection method and the heat dissipation storage inside the test cabinet. Testing the performance of the test cabinet has two methods are: 1) Testing the efficiency of the temperature control unit and testing the efficiency of the cabinet in the brass mold. 2) Testing of appropriate temperature and dehumidifier time for the brass mold.

The results of the performance tests of the temperature control unit showed that the temperature control unit can cut the heat coil at 85 deg C, which is the optimum temperature for dehumidifying the brass mold. And test results The optimum time for demagnetization was 3 bells, 40 small bells, 2 hours for medium bells, 40 bells for 3 hours, and 20 bells for large bells. Average time of 5 hours. The results of economic engineering analysis the reduction of moisture in brass mold. There are a break-even point of 4,046 molds per year, with a return on capital of 72.82% per year, a payback period of 2 years, a 60-day dehumidification and a selling price of 250 baht per piece.

Key Words: Brass mold**,** Dehumidifier**,** Horizontal Convection

1. บทนำ

กลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองเหลืองบ้านปะอาว ตำบลหนองขอน อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี เป็นหมู่บ้านหัตถกรรมขนาดใหญ่ที่ผลิตงานหัตถกรรมโบราณที่มีมานานกว่า 200 ปี โดยอาชีพช่างฝีมือที่มีชื่อเสียงของบ้านปะอาว คือ การหล่อเครื่องเบญจรงค์ต่าง ๆ ด้วยทองเหลืองที่มีความโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของหมู่บ้านปะอาวและเป็นงานหัตถกรรมพื้นบ้านที่นับวันจะเลือนหายไป ในด้านการผลิตเครื่องทองเหลือง สิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำเครื่องทองเหลือง คือ แบบแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง โดยการทำแบบแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองเริ่มจากการปั้นแบบตามลักษณะของแบบ เช่น แบบระฆัง แบบแจกัน แบบกระดิ่ง เป็นต้น กระบวนการทำเริ่มจากการนำดินโพน (จอมปลวก) มาผสมกับมูลวัวในสัดส่วนปริมาณ 3 : 1 ผสมจนเข้ากันละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปปั้นหุ้มรอบแกนไม้ที่กลึงเป็นรูปทรงและขนาดต่าง ๆ นำแม่พิมพ์ที่ปั้นแล้วไปตากแดดประมาณ 3-4 วัน เมื่อแม่พิมพ์แห้งแล้วจึงนำไปใส่โรงกลึงเพื่อกลึงหุ่นให้ได้ขนาดและรูปทรงที่ต้องการ ซึ่งในกระบวนการทำเครื่องทองเหลืองมีปัญหาเกิดขึ้น คือ กระบวนการตากแบบแม่พิมพ์สามารถทำได้เฉพาะวันที่มีแดดสภาพอากาศแจ่มใสเท่านั้น สภาพอากาศในการปั้นแม่พิมพ์ไปผึ่งแดดให้แห้งจะใช้เวลานานเมื่ออยู่ช่วงฤดูฝน ไม่มีแดดจึงเป็นอุปสรรคในการผลิต การลดความชื้นในแบบแม่พิมพ์แห้งช้าทำให้มีข้อจำกัดในกระบวนการทำเครื่องทองเหลือง

ผู้วิจัยจึงได้คิดวิธีการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection โดยมีการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ โดยการสร้างตู้ทดสอบที่สามารถตั้งเวลาปิดการทำงานของตู้ทดสอบ ลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองแบบอัตโนมัติ และออกแบบให้สามารถที่จะลดความชื้นแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองให้ได้หลากหลายรูปแบบ รวมถึงขนาดของแม่พิมพ์สามารถลดความชื้นได้มากขึ้น การออกแบบแหล่งให้ความร้อนเป็นขดลวดความร้อนซึ่งจะให้ความร้อนเร็วกว่า เพิ่มจำนวนของแม่พิมพ์ในการลดความชื้น และการใช้ลมร้อนในการกระจายอุณหภูมิ ด้วยวิธี Horizontal Convection จะทำให้ช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายแก้ไขปัญหาในช่วงฤดูฝนที่ไม่มีแดด ทำให้ชาวบ้านสามารถผลิตงานหัตถกรรมเครื่องทองเหลืองได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า และที่มีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อศึกษาการลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal convection โดยการใช้การควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

2) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเครื่องทองเหลือง กลุ่มหัตถกรรมบ้านปะอาว ต.ปะอาว อ.เมือง จ.อุบลราชธานี

3. ขอบเขตของการวิจัย

1) ตู้ทดสอบการลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection ด้วยขดลวดนำความร้อน มีขนาดความกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร

2) แม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองแบบระฆัง มี 3 ขนาด คือ

(1) แบบระฆังขนาด 1-2.5 นิ้ว

(2) แบบระฆังขนาด 2.6-4 นิ้ว

(3) แบบระฆังขนาด 4.1-5 นิ้ว

3) แหล่งกำเนิดความร้อนจากขดลวดร้อน ขนาด 600 วัตต์ จำนวน 3 ชุด

4) ชุดควบคุมอุณหภูมิรุ่น EW-988H

4.วิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง

2) ออกแบบโครงสร้างตู้ทดสอบลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection ด้วยขดลวดความร้อน

3) ออกแบบวงจรควบคุมอุณหภูมิและวงจรตั้งระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นของแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง

4) สร้างตู้ทดสอบลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection ด้วยขดลวดความร้อน

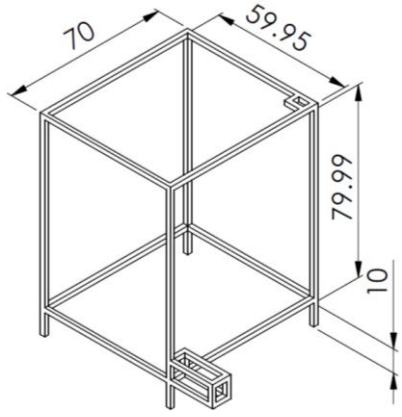
5) ทดสอบการวัดค่ากระจายตัวของลมร้อนจากการตั้งขดลวดกำเนิดความร้อนการภายในตู้ทดสอบลดความชื้นของแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง และในการทดสอบวัดค่าการกระจายตัวของลมร้อนการภายในตู้ทดสอบลดความชื้นของแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง ทดสอบวัดค่าอุณหภูมิในทุกจุด ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบจุดเก็บผลการทดสอบด้วย Data Logger

6) ทดสอบเพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง

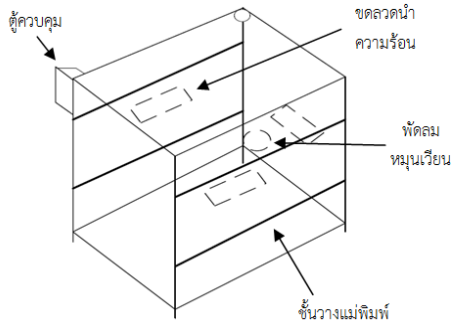
7) คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าในการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง

8) สรุปและอภิปรายผล

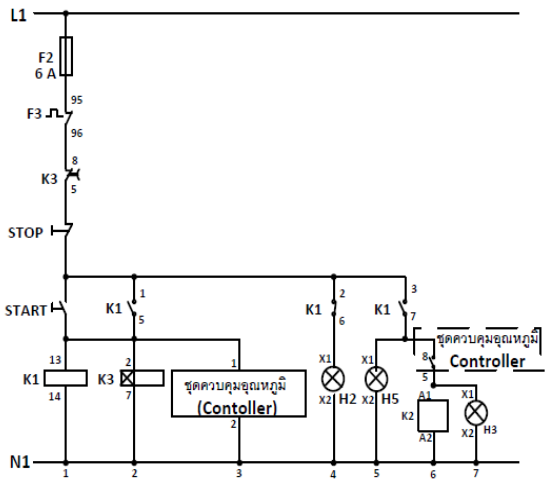
5. การออกแบบโครงสร้างและวงจรตู้ทดสอบลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง



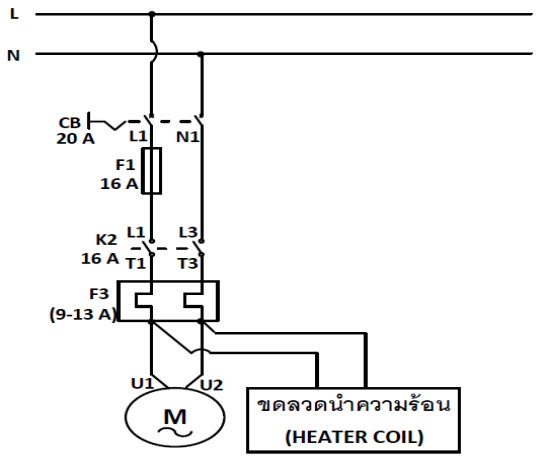
ภาพที่ 1 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตู้ทดสอบ



ภาพที่ 2 ลักษณะโครงสร้างภายในของตู้ทดสอบ



ภาพที่ 3 วงจรควบคุมการทำงาน



ภาพที่ 4 วงจรแหล่งกำเนิดความร้อน

การทำงานของวงจร อธิบายได้ดังนี้ เมื่อวงจรเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดสัญญาณ ทำให้หลอดสัญญาณสีแดงติด แสดงว่าตู้ทดสอบลดความชื้นพร้อมทำงาน เมื่อกดสวิตช์ START จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าส่งไปยังคอยล์ของคอยล์รีเลย์ รีเลย์ตั้งเวลา (Time Relay) และมีการติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิ (Controller) ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์เปลี่ยนจากปกติเป็นเปิดทำงาน ชุดควบคุมอุณหภูมิ (Controller) จะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิในตู้ทดสอบลดความชื้นต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสปิดของชุดควบคุมอุณหภูมิไปยังคอยล์แมกเนติกคอนแทกเตอร์ โดยที่หน้าสัมผัสของแมกเนติกคอนแทกเตอร์จะมีกระแสไฟฟ้าซึ่งต่อจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงคอยล์แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำให้หน้าสัมผัสรีแมกเนติกคอนแทกเตอร์เปลี่ยนจากเปิดเป็นปิด ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดนำความร้อนและพัดลมหมุนเวียนอากาศ หลังจากนั้นอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ชุดควบคุมอุณหภูมิก็จะเปลี่ยนหน้าสัมผัสคืนสภาวะปกติทำให้ขดลวดนำความร้อนและพัดลมหมุนเวียนอากาศหยุดทำงาน เพื่อควบคุมให้อุณหภูมิภายในตู้ทดสอบลดความชื้นให้ได้ตามที่ตั้งไว้ จนกระทั่งอุณหภูมิในตู้ทดสอบลดความชื้นต่ำลงกว่าค่าที่ตั้งไว้ชุดควบคุม ก็จะเปลี่ยนหน้าสัมผัสการทำงานอีกครั้งจะทำงานวนอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงเวลาที่กำหนดรีเลย์ตั้งเวลา (Time Relay) ก็จะตัดกระแสไฟฟ้าทั้งหมดส่งผลให้อุปกรณ์ทั้งหมดหยุดการทำงาน และกลับสู่สภาวะปกติ

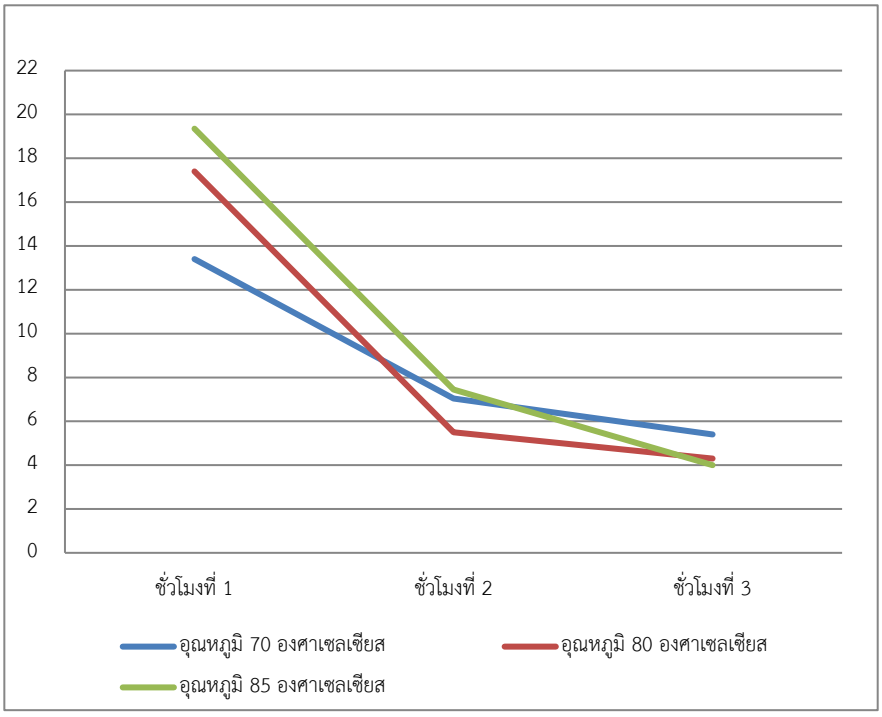
ภาพที่ 5 ตู้ทดสอบลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1) การทดลองหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของตู้ทดสอบลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection ด้วยขดลวดความร้อน โดยทำการทดสอบเพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นในแม่พิมพ์ ซึ่งจะกำหนดอุณหภูมิภายในตู้ทดสอบลดความชื้นแบ่งเป็น 3 ช่วงอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิที่ 70, 80 และ 85 องศาเซลเซียส โดยใช้แม่พิมพ์แบบระฆังที่กำหนดขนาดไว้ 3 ขนาด คือ แม่พิมพ์ระฆังขนาดเล็ก (1-2.5 นิ้ว) จำนวน 40 ชิ้น แม่พิมพ์ระฆังขนาดกลาง (2.6-4 นิ้ว) จำนวน 40 ชิ้น และแม่พิมพ์ระฆังขนาดใหญ่ (4.1-5 นิ้ว) จำนวน 20 ชิ้น ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

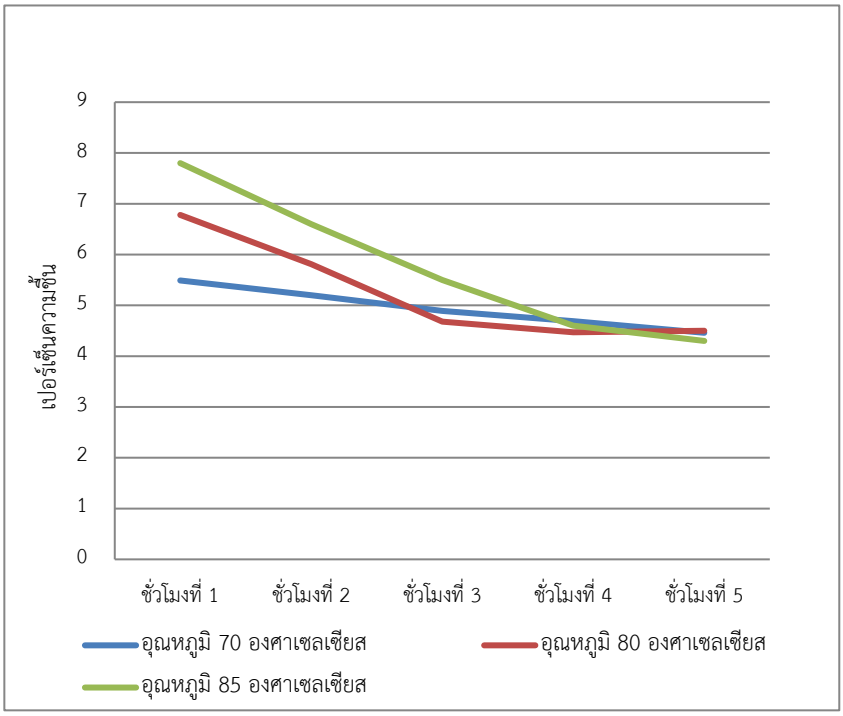
(1) การทดลองหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองระฆังขนาดเล็ก (1-2.5 นิ้ว) จำนวน 40 ชิ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 80 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นโดยเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 35 นาที ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการลดความชื้นแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองระฆังขนาดเล็ก

(2) การทดลองหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองระฆังขนาดกลาง 2.6-4 นิ้ว จำนวน 40 ชิ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 80 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นโดยเฉลี่ย 3 ชั่วโมง 40 นาที

(3) การทดลองหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองระฆังขนาดใหญ่ (4.1-5นิ้ว) จำนวน 20 ชิ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 80 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นโดยเฉลี่ย 5 ชั่วโมง ดังภาพที่ 7

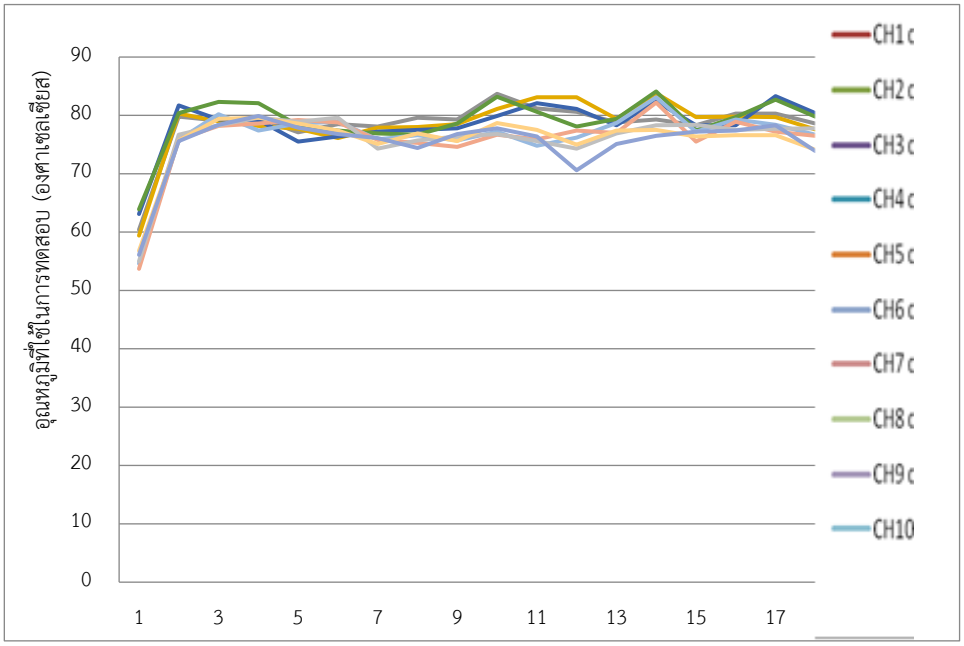


ภาพที่ 7 กราฟแสดงการลดความชื้นแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองระฆังขนาดใหญ่

2) การทดสอบวัดค่ากระจายตัวของลมร้อนด้วยวิธี Horizontal Convection ภายในตู้ทดสอบลดความชื้น

ผู้วิจัยได้ทดสอบวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้ทดสอบลดความชื้น โดยติดตั้งเทอร์โมคับเบิล กับ Data Logger เพื่อวัดอุณหภูมิภายในตู้ทดสอบลดความชื้น ซึ่งตั้งสัญญาณวัดได้ทั้งหมด 10 ช่องสัญญาณ ช่องสัญญาณที่ 1 ติดกับ Sensor และช่องสัญญาณที่ 2-10 กระจายตามชั้นต่าง ๆ ภายในตู้ทดสอบลดความชื้น ส่วนเครื่อง Data Logger เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิในตู้ทดสอบลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่อง

ทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection ด้วยขดลวดความร้อน แล้วทำการบันทึกค่าที่ได้ลงในเครื่องตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ โดยจะแสดงผลออกมาเป็นแบบตารางและกราฟ ทั้งหมด 10 ช่อง วัดอุณหภูมิทุก ๆ 5 นาที ที่ระยะเวลา 180 นาที ซึ่งได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟแสดงอุณหภูมิจากการทดสอบทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้ทดสอบลดความชื้นโดยติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล กับ Data Logger

จากกราฟแสดงอุณหภูมิจากการทดสอบทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้ทดสอบลดความชื้นโดยติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล กับ Data Logger เพื่อวัดอุณหภูมิภายในตู้ทดสอบลดความชื้น พบว่า เมื่อขดลวดนำความร้อนผ่านไปจนถึงเวลาประมาณ 20 นาที อุณหภูมิภายในตู้ทดสอบลดความชื้นจะมีค่าประมาณ 77-80 องศาเซลเซียส ที่เวลา 20-55 นาที จะมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งตรงกับค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการลดความชื้นของแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง โดยสังเกตจากช่องสัญญาณที่ 1-10 จะพบว่า อุณหภูมิภายในตู้ทดสอบลดความชื้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน

1) การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าในการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง การทดสอบการลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal convection ด้วยขดลวดนำความร้อนเพื่อหากระแสไฟฟ้า ในการนำไปคำนวณหาค่าไฟฟ้าในการทำงานแต่ละครั้ง กำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มี

กระแสขณะทำงานค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.9 แอมป์แปร์ โดยเสียค่าพลังงานไฟฟ้าในการทำงาน ประมาณ 16 บาท ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า ตู้ลดความชื้นแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง มีจุดคุ้มทุนในการลดความชื้นในแม่พิมพ์ 4,046 ชิ้น/ปี ให้อัตราตอบแทนเงินทุน 72.82% ต่อปี ระยะคืนทุน 2 ปี เมื่อทำการลดความชื้น 60 วัน/ปี และราคาขายผลิตภัณฑ์เครื่องทองเหลือง 250 บาท/ชิ้น

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้ทดสอบลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection ด้วยขดลวดนำความร้อนแล้วผลปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ตู้ลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection ด้วยขดลวดนำความร้อนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ ซึ่งกลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองเหลืองสามารถนำตู้ลดความชื้นนี้ไปใช้งานได้ สามารถผลิตสินค้าหัตถกรรมได้ตามระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ สามารถเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองเหลืองบ้านปะอาวเป็นอย่างยิ่ง

7. ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ในการทดสอบลดความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลืองด้วยวิธี Horizontal Convection ด้วยขดลวดนำความร้อนนี้ เป็นความต้องการของกลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองเหลืองบ้านปะอาว ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเสร็จสิ้น กลุ่มหัตถกรรมสามารถนำไปใช้งานได้จริง เป็นการสร้างคุณประโยชน์ให้กับชุมชน สามารถเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มหัตถกรรมยิ่งขึ้นไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำหรับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ปีงบประมาณ 2558 ขอขอบคุณกลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองเหลืองบ้านปะอาวที่ให้คำปรึกษาจนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

กิตบดินทร์ ภูมิภาค, ธีระพล เสนคราม, และ ปรีชา สะอาด. (2556). *การสร้างและออกแบบตู้ ลดปริมาณความชื้นในแม่พิมพ์เครื่องทองเหลือง* (ภาคนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์, วทัญญู รอดประพัฒน์, ศรีมา แจ้คำ, สุชาติ พินงรัมย์, และ คมเพชร พร้อมสุข. (2553). การอบแห้งสมุนไพรด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับอินฟราเรด

ไกล. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41*(1 (พิเศษ)) : 528-531.

คำพันธ์ พรมทอง, และ รัตนกร บุตรวงศ์. (2552). *ตู้อบรังสีอินฟราเรดสำหรับอบยางพาราแผ่น* (ภาคนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์, พิมล วุฒิสินธ์, ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์, และ ไมตรี เยาวรัตน์. (2551). *ศึกษาวิจัยเครื่องอบแห้งลำไยแบบต่อเนื่อง.* กรุงเทพมหานคร: กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

เถลิงราช นิลเชื้อวงศ์. (2554). *การอบแห้งยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์* สำหรับวิสาหกิจและกลุ่มสหกรณ์สวนยางพาราขนาดย่อม. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสกสรร วินยางค์กูล, ศักดิ์เกษม คมขำ, ฤทธิชัย บุญทาศรี, และ สรรเพชญ์ บุญชิอุ่ย. (2551). *การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งไล่ความชื้นในยอดใบชาโดยรังสีอินฟราเรด.* ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22, 15-17 ตุลาคม 2551. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.