การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมระยะไกลของเตาหลอมแก้ว

กิติพันธ์ บุญอินทร์ [1,2*], วินัท วงษ์แหวน [1] และ กนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์[3]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชธานี, อุบลราชธานี,
*ผู้รับผิดชอบบทความ: email kboonin@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบเตาหลอมแก้วโดยใช้วัสดุกันความร้อน เช่น แผ่นฉนวนกันความร้อน ผ้าห่มใยแก้วแบบอ่อนและอิฐทนไฟ พร้อมกับพัฒนาระบบการติดตามผลและควบคุมระยะไกล โดยทางผู้วิจัยใช้บอร์ดออดิโน่ WeMos D1 WIFI ESP 8266 เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมการทำงานของเตาหลอมแก้วแทนที่ชุดควบคุมแบบเดิมเพื่อลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลง ซึ่งบอร์ดออดิโน่นี้สามารถเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชั่น บลิงค์ เพื่อควบคุมและติดตามผลอุณหภูมิภายในเตาหลอมแก้ว ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิภายในเตาหลอมแก้วคือ โมดูลออดิโน่ MAX 6675 ร่วมกับ เทอร์โมคัปเปิลชนิด R ในการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าจะนำอุณหภูมิที่ตั้งค่าในแอปพลิเคชั่น บลิงค์ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายในเตาหลอมเพื่อปล่อยกระแสไฟฟ้ายังขดลวดความร้อนโดยขดลวดความร้อนมีค่าความต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ 12 Ω จากการทดลองพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเท่ากับ 11 A โดยอัตราการเกิดความร้อนที่เตาทำได้สูงสุดเท่ากับ 6 °C/min อุณหภูมิที่สามารถทำได้สูงสุดอยู่ที่ 1200 °C จึงสรุปได้ว่าการใช้ระบบควบคุมการทำงานของเตาหลอมจากบอร์ดออดิโน่สามารถทดแทนชุดควบคุมแบบเดิม และยังมีราคาที่ถูกกว่าถึง 17 เท่า

คำสำคัญ: เตาหลอมแก้ว, ออดิโน, ชุดควบคุมความร้อน

Development of a glass melting furnace with online control systems

Kitipun Boonin[a,b*], Winut Wongwan[a,b] and Kanokkarn Srisurin [3]

[1]Physics Program, Faculty of Science and Technology, NakhonPathomRajabhat University, NakhonPathom

[2]Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM), Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom

3 Electrical Engineering Program, Faculty of Engineering ,Ratchathani University , Ubonratchathani

*corresponding author: email kboonin@hotmail.com

Abstract.

In this research, intended to fabricate an electric furnace was built with Insulation such as fiberboard fiberglass blanket and light brick. The tracking and systems remote control was developed using the Arduino WeMos D1 WIFI ESP 8266 board running through an appication blynk on a smartphone. The device used to measure the temperature inside the glass melting furnace is the Audino MAX 6675 module, together with a thermocouple to control the electrical current control the electric current going to the heating coil to heat the set temperature. The 1.2-mm wires were twisted into the 8.3-mm heating coils with a resistance of 12.0 Ω. When 11.0-A current was applied to the heating coil, the furnace can be operated at a maximum heating rate of around 6 ℃/min. and max continuous operating temperature at 1200 ℃. After the test run of this furnace and control system, it was found that this apparatus can be used as a replacement for a traditional one. Furthermore, the cost of the temperature controller this furnace is cheaper than a traditional one up to 17 times.

Keyword: Glass Melting furnace, Arduino, Temperature controller

1.บทนำ

ในปัจจุบันกระบวนการหลอมมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบอุตสาหกรรม และยังมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิต เพื่อใช้ในการหลอมชิ้นงานของการผลิตชิ้นส่วน อะไหล่ และอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เตาหลอมส่วนใหญ่จะใช้เชื้อเพลิงได้หลายประเภท เช่น ไฟฟ้า น้ำมัน และเชื้อเพลิงแข็ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้สร้างและพัฒนาเตาหลอมเพื่อนำมาใช้ในการหลอมแก้วเนื่องจากปฏิกิริยาการก่อตัวของการเกิดแก้วนั้นจะเกิดขึ้นในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงและในสภาวะที่มีการปนเปื้อนที่ต่ำจากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงได้เลือกพัฒนาเตาหลอมไฟฟ้าเพื่อลดการปนเปื้อนจากเชื้อเพลิง

เตาไฟฟ้าแบบลวดความต้านทาน เป็นเตาที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและยังมีบทบาทสำคัญในการผลิตชิ้นงานที่ใช้ความร้อนในการหล่อหลอม ตัวอย่างเช่นการหลอมโลหะ การหลอมแก้ว การเผาวัสดุที่อุณหภูมิสูง หรือการปลูกผลึก โดยการเปลี่ยนพลังไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนโดยจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดความร้อนที่มีความต้านทาน และลวดจะให้ความร้อนออกมา โดยค่าความต้านทานของลวดความร้อนเป็นตัวกำหนดขีดจำกัดของอุณหภูมิ ซึ่งลักษณะของเตาแบบนี้จะมีลักษณะปิดหมด จึงทำให้สารมารถให้ความร้อนได้อย่างคงที่ สม่ำเสมอ และต่อเนื่อง อีกทั้งไม่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม แต่หนึ่งปัญหาของเตาหลอมแก้วดังกล่าวนั้นคือระบบชุดควบคุมการให้ความร้อนนั้นมีราคาสูง ด้วยเหตุผลดังกล่าวเป็นต้นเหตุให้ผู้วิจัยได้นำ ออดิโนไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้กับเตาหลอมแก้ว

ออดิโน่ เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการพัฒนาแบบโอเพ่นซอร์สมีรูปแบบการเขียนที่คล้ายกับภาษาซี สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และอัพโหลดคำสั่งการทำงานผ่านซอฟต์แวร์ของออดิโน่ ที่หาดาวน์โหลดได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย ออดิโน่ ถูกออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้ง่ายเหมาะสำหรับผู้ที่เริ่มต้นศึกษาและยังสามารถต่อยอดการใช้งานได้ง่ายอีกด้วยซึ่งในปัจจุบันการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการต่างๆเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งไม่ว่าจะเป็นการบริการหรือกระบวนการผลิต เนื่องจากระบบควบคุมอัตโนมัตินั้น ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิตให้อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องจักรทำงานได้ตามที่ต้องการเพื่อสนองต่อความต้องการในการผลิตสินค้าหรือบริการ ให้ได้คุณภาพและปริมาณตามความต้องการ

จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการออกแบบและพัฒนาเตาหลอมแก้วที่มีระบบการควบคุมและติดตามผลระยะไกลผ่านทางแอปพลิเคชั่น บลิงค์ ในโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนโดยใช้การควบคุมจากออดิโน่ทดแทนชุดควบคุมแบบเดิมเพื่อความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิที่ต้องการและการลดต้นทุนของชุดควบคุมความร้อนของเตาความร้อน นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาและวัดผลประสิทธิภาพการทำงานของเตาหลอม โดยได้ทำการวัด ค่าความต้านทานของขดลวดความร้อน กระแสไฟฟ้าสูงสุดในการทำงาน อัตราการเกิดความร้อน และอุณหภูมิสูงสุดของเตาหลอมแก้วนี้

2. วิธีการทดลอง

2.1 โครงสร้างของเตาหลอมแก้ว

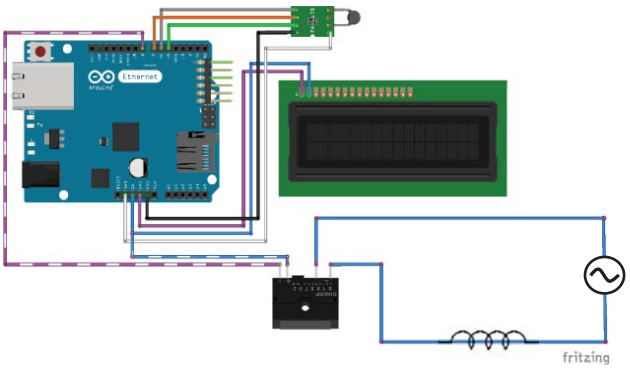
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างเตาหลอมแก้วจากอิฐทนไฟ ซ้อนด้วยแผ่นฉนวนกันความร้อนแบบหนาและหุ้มผ้าห่มใยแก้วแบบอ่อนดังในภาพที่ 1 เตาหลอมถูกออกแบบให้เปิดปิดทางด้านหน้าสำหรับใส่ตัวอย่าง ภายในเตาจะล้อมรอบด้วยขดลวดต้านทานซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนของเตาหลอมนี้ดังภาพที่ 2 เทอร์โมคัปเปิล ถูกจัดวางไว้ทางด้านหลังของเตาหลอมเพื่อวัดอุณหภูมิด้านในเตา

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบภายนอกของเตาหลอมแก้ว

ภาพที่ 2 ส่วนประกอบด้านในของเตาหลอมแก้ว

2.2 การออกแบบระบบควบคุมความร้อนและติดตามผล

ระบบควบคุมและติดตามผลของเตาหลอมแก้วได้พัฒนาโดยใช้บอร์ดออดิโนและแสดงผลผ่านจอ LCD และ แอปพลิเคชั่น บลิงค์ ในโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน โดยแผนผังการเชื่อมต่อของอุปกรณ์แสดงอยู่ดังภาพที่ 3 จากภาพจะแสดงส่วนประกอบและที่เชื่อมต่ออยู่กับบอร์ดออดิโน่ WeMos D1 WIFI ESP8266 โดยมี เทอร์โมคัปเปิลชนิด R ที่เชื่อมต่ออยู่กับ โมดูลออดิโน่ MAX 6675 จอ LCD และโซลิดสเตตรีเลย์ ซึ่งขั้นตอนการทำงานของระบบนี้เริ่มจาก บอร์ด ออดิโน่ WeMos D1 WIFI ESP8266 รับข้อมูลอุณหภูมิจาก เทอร์โมคัปเปิลที่เชื่อมต่ออยู่กับ โมดูลออดิโน่ MAX 6675 เปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ถูกตั้งค่าในแอปพลิเคชั่น บลิงค์ เพื่อควบคุมการไหลกระแสไฟฟ้าที่จะให้กับขดลวดความร้อนผ่านโซลิดสเตตรีเลย์ตามเงื่อนไขคำสั่งของบอร์ดที่ได้กำหนดไว้



ภาพที่ 3 แผนผังของอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้า

จากภาพที่ 4 แสดงหน้าจอควบคุมและติดตามผลที่ทำงานผ่านแอปพลิเคชั่น บลิงค์ บนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อข้อมูลกับบอร์ดออดิโน WeMos D1 WIFI ESP8266 โดยมีส่วนประกอบในการควบคุมและติดตามผลดังนี้ กราฟแสดงอัตราการเกิดความร้อนภายในเตาหลอมซึ่งถูกจัดวางไว้ทางด้านบนของหน้าจอ ในส่วนตรงกลางของจอจะประกอบด้วย จอแสดงสถานการณ์ทำงานของเตา อุณหภูมิของเตาขณะทำงาน และปุ่มสำหรับการเปิดปิดการทำงาน ในส่วนด้านล่างของจอคือปุ่มสำหรับปรับค่าอุณหภูมิตามที่ผู้ใช้ต้องการ

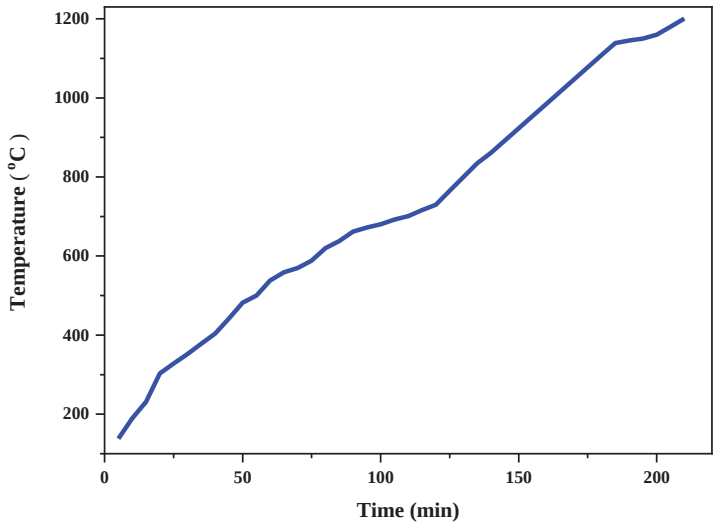
ภาพที่ 4 หน้าจอควบคุมและติดตามผลที่ทำงานผ่านแอปพลิเคชั่น บลิงค์

3.ผลการวิจัย

จากข้อมูลจำเพาะของเตาหลอมที่แสดงอยู่ในตารางที่ 1 เตาหลอมแก้ว ลวดความร้อนเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.2 mm นำมาลวดมาขดเป็นวงกลมที่เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8.3 mm วัดค่าความต้านทานของขดลวดได้ 12 **Ω** ใช้กำลังไฟฟ้าที่ประมาณ 2420 W วัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะที่เตาหลอมทำงานได้ 11 A สร้างอัตราการเกิดความร้อน 6 °C/min ดังแสดงอยู่ในภาพที่ 5 และทำความร้อนสูงสุดได้ที่ 1200 °C

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของเตาหลอมแก้ว

ข้อมูลจำเพาะ		หน่วย
อุณหภูมิสูงสุดของเตาหลอมแก้ว	1200	°C
อัตราการเกิดความร้อนที่เตาทำได้สูงสุด	6	°C/min
กระแสไฟฟ้าสูงสุด	11	A
กำลังไฟฟ้า	2420	W
ขนาดของเตาหลอมแก้ว	400x300x300	mm
เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดความร้อน	1.2	mm
ขนาดของขดลวด	8.3	mm
ความต้านทานของลวด	12	Ω



ภาพที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเทียบกับเวลาของเตาหลอมที่มีอัตราการเกิดความร้อน 6 °C/min

ตารางที่ 2 รายการอุปกรณ์และราคาของชุดควบคุมความร้อน

รายการ	ราคา (บาท)
บอร์ดออดิโน่ WeMos D1 WIFI ESP8266	260
โมดูลออดิโน่ MAX 6675	100
จอ LCD สำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ดออดิโน่	50
สายไฟเชื่อมวงจร	30

จากตารางที่ 2 แสดงรายการอุปกรณ์และราคาของชุดควบคุมความร้อนออดิโน ส่วนประกอบหลักประกอบด้วย บอร์ดออดิโน่ WeMos D1 WIFI ESP8266, โมดูลออดิโน่ MAX 6675 และจอ LCD สำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ดออดิโน่ รวมราคายอดสุทธิอยู่ที่ 440 บาท เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุมความร้อนแบบเดิม (ยี่ห้อ TAIE รุ่น FU72) ที่ราคา 7000 บาท เห็นได้ชัดว่าเตาหลอมแก้วที่ใช้ชุดควบคุมออดิโน่มีราคาต้นทุนที่ถูกกว่าเตาหลอมแก้วที่ใช้ชุดควบคุมความร้อนแบบเดิมถึง 17 เท่า

4.สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเตาหลอมแก้วนี้ที่อุณหภูมิ 1200 °C แสดงให้เห็นว่าอัตราการเกิดความร้อนที่เตาทำได้สูงสุดอยู่ที่ 6 °C/min กำลังไฟที่ใช้ในการทำงานอยู่ที่ 2,420 W สามารถควบคุมอุณหภูมิและติดตามระยะไกลได้ผ่านโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนและสามารถควบคุมระบบการทำงานของชุดความร้อนได้หลากหลายกว่าชุดควบคุมแบบเดิม นอกจากนั้นราคาชุดควบคุมออดิโน่ยังมีราคาต้นทุนที่ถูกกว่าถึง 17 เท่า

5.กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางด้านเทคโนโลยีและวัสดุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมสำหรับความร่วมมือและสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6.เอกสารอ้างอิง

ภาณุพงษ์ ครุฑใจกล้า (2019). การออกแบบตู้อบความร้อนสำหรับการเรียนวิชาการควบคุมอัตโนมัติ. **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย** ครั้งที่ 33.

A. Giuffrida, P. Chiesa, F. Drago, L. Mastropasqua. (2018). Integration of oxygen transport membranes in glass melting furnaces, **Energy Procedia** (599-606)

K. Boonin, S. Tuscharoen, J. Kaewkhao. (2013). Development of Low Cost Glass Melting Furnace for Research Scale, **Advanced Materials Research** (241-244).

M. Cable. (1999). Mechanization of glass manufacture, **J. Am. Cera** (1093–1112).

S. Yang, Y. Liu, N. Wu, Y. Zhang, S. Svoronos, P. Pullammanappallil. (2019). **Low-cost, Arduino-based, Portable device for measurement of methane composition in biogas**. Renewable Energy