การพัฒนาเตาหลอมแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร

กิติพันธ์ บุญอินทร์[1,2*] และกฤษดา อินทร์ทองน้อย[1]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม, 73000
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม, 73000
*kboonin@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการออกแบบและสร้างเตาหลอมไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับงานทดลองหลอมแก้วในห้องปฏิบัติการ โดยเตาหลอมนี้เป็นเตาแบบเปิดประตูหน้าซึ่งออกแบบมาสำหรับเบ้าหลอมขนาด 200 ml อุณหภูมิสูงสุดของเตาอยู่ที่ 1200 °C เตาหลอมประกอบด้วยขดลวดความร้อนวางที่ผนังด้านข้างทั้งสองด้านโดยมีความต้านทานรวม 12 โอห์ม ควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุมอุณหภูมิแบบ PID วัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล Type k ติดตั้งไว้ตรงกลางผนังเตาด้านหลัง ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเตาหลอมสามารถหลอมแก้วได้ที่อุณหภูมิสูงสุด 1200 °C โดยเตาหลอมนี้มีข้อดีหลายประการคือ มีขนาดเล็กทำให้อุณหภูมิของเตาสามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำ ประหยัดพื้นที่ ประหยัดพลังงาน ลดค่าไฟฟ้า ดูแลรักษาง่าย รวมทั้งประหยัดค่าบำรุงรักษา

คำสำคัญ: เตาหลอมไฟฟ้า หลอมแก้ว เทอร์โมคัปเปิล

Development of a 200 mL glass melting furnace

Kitipun Boonin[1, 2*] and Kritsada Inthongnoi[1]

[1]Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, 73000, Thailand
[2]Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM), Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand
*kboonin@hotmail.com

Abstract

This research demonstrates the design and construction of a small electric furnace for glass melting experiments in a laboratory. This furnace is an open front door furnace designed for a 200 ml crucible. The maximum temperature of the furnace is 1200 °C. The furnace consists of heating coils placed on both side walls with a total resistance of 12 ohms. Temperature is controlled with a PID temperature controller. Temperature is measured using a Type K thermocouple installed in the center of the back wall of the furnace. Test results show that the furnace can melt glass at a maximum temperature of 1200 °C. This furnace has many advantages: Its small size allows the temperature of the furnace to be precisely controlled. Save space Save energy, reduce electricity bills, easy to maintain. Including saving on maintenance costs.

Keywords: Electric melting furnace, Glass melting, Thermocouple

1. บทนำ

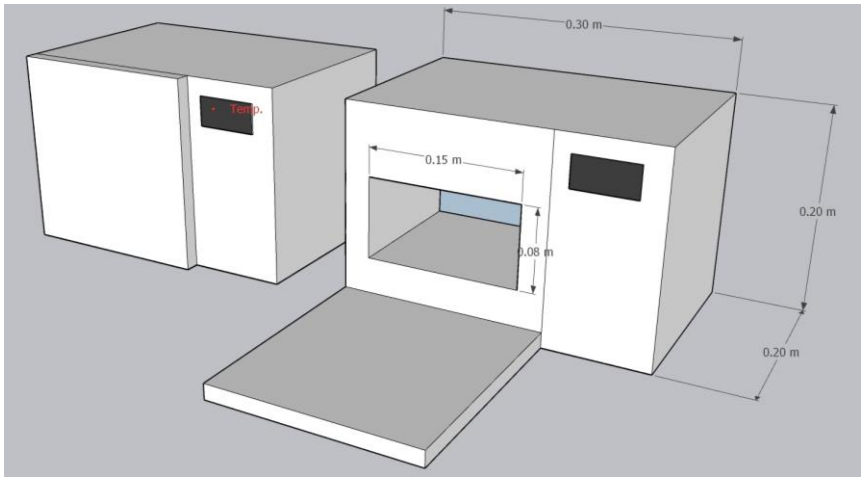
เตาไฟฟ้ามีบทบาทอย่างมากในงานวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่มีศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ ทำให้มีความจำเป็นต้องใช้เตาหลอมไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีความเสถียรกว่าเตาเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆอีกทั้งยังง่ายต่อการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ง่าย [1] เตาหลอมแก้วจะต้องออกแบบมาเป็นพิเศษ ไม่เหมือนเตาหลอมทั่วๆ ไป เพราะจะต้องมีการใช้งานหนัก [2-4] และมีการเปิดเตาที่อุณหภูมิสูงทุกครั้งที่หลอม ซึ่งเตาหลอมไฟฟ้าขนาดใหญ่แบบดั้งเดิมมักมีขนาดใหญ่เทอะทะ ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง และควบคุมอุณหภูมิได้ยาก [5] เตาเหล่านี้ไม่เหมาะสำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการที่มีพื้นที่จำกัด หรือต้องการควบคุมอุณหภูมิอย่างแม่นยำ ดังนั้นการออกแบบเตาให้ทนทานต่อการใช้งานและง่ายต่อการซ่อมบำรุงจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง [6-8] เพราะหากใช้งานเตาไฟฟ้าที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด จะเกิดความเสียหายอย่างรวดเร็ว และเสียค่าบำรุงรักษาสูงมาก รวมทั้งด้วยธรรมชาติของงานวิจัยด้านนี้ที่มีการทดลองหลอมแก้วชนิดใหม่ซึ่งอาจทดลองเพียง 1 ตัวอย่าง หากต้องเผาในเตาใหญ่ก็จะสิ้นเปลืองพลังงานและค่าบำรุงรักษา [9] ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างเตาไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับงานทดลองหลอม ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาลงได้

การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การออกแบบและสร้างเตาไฟฟ้าขนาดกะทัดรัดสำหรับการทดลองหลอมแก้วในห้องปฏิบัติการ เตาหลอมไฟฟ้าแบบเปิดประตูหน้าได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับเบ้าหลอมขนาด 200 มล. และสามารถให้ความร้อนสูงสุดที่ 1200 องศาเซลเซียส โดยผลลัพธ์ที่คาดหวังของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาเตาหลอมไฟฟ้าที่ประหยัดพื้นที่ ประหยัดพลังงาน ควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ และเหมาะสำหรับใช้งานในห้องปฏิบัติการที่มีพื้นที่จำกัด เตาไฟฟ้าชนิดนี้จะส่งเสริมการศึกษาและการวิจัยเกี่ยวกับการหลอมแก้ว เพิ่มโอกาสในการเข้าถึงการหลอมแก้วสำหรับบุคคลทั่วไป และส่งผลดีต่อสังคมโดยรวม

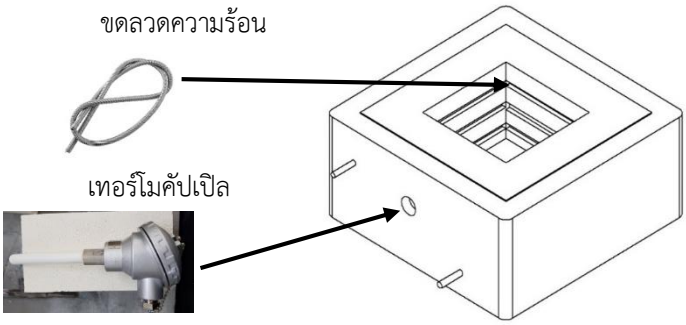
2. วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การออกแบบและสร้างเตาหลอมไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับการทดลองหลอมแก้วในห้องปฏิบัติการ เตาไฟฟ้าแบบเปิดประตูหน้าได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับเบ้าหลอมขนาด 200 มล. และสามารถให้ความร้อนสูงสุดที่ 1200 องศาเซลเซียส การวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเตาไฟฟ้า การหลอมแก้ว และการควบคุมอุณหภูมิ ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดข้อกำหนดสำหรับเตาไฟฟ้าขนาดเล็ก จากนั้นจึงออกแบบเตาไฟฟ้าโดยเพื่อให้แน่ใจว่าเตาสามารถให้ความร้อนที่สม่ำเสมอและควบคุมอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ การออกแบบเตาไฟฟ้าเป็นเตาไฟฟ้าแบบเปิดด้านหน้า ดังภาพที่ 1 โดยเตาประกอบด้วยขดลวดความร้อนที่ติดตั้งอยู่บนผนังด้านข้างทั้งสองด้าน โดยมีความต้านทานรวม 12 โอห์ม การควบคุมอุณหภูมิภายในเตาใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ร่วมกับเทอร์โมคัปเปิล Type K ซึ่งติดตั้งอยู่ตรงกลางผนังเตาด้านหลังดังภาพที่ 1 หลังจากการออกแบบเสร็จสิ้น เตาไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นจากการหล่อคอนกรีตทนไฟแล้วหุ้มด้วยฉนวนความร้อน

การทดสอบเตาไฟฟ้าเพื่อประเมินประสิทธิภาพ ประกอบด้วยกระบวนการทดสอบรวมถึงการวัดอุณหภูมิในเตา การตรวจสอบความสม่ำเสมอของความร้อน และการประเมินการควบคุมอุณหภูมิ รวมทั้งการทดลองหลอมแก้วในสภาวะแวดล้อมจริง



ภาพที่ 1 เตาหลอมไฟฟ้าแบบเปิดหน้า



ภาพที่ 2 ลักษณะการจัดวางอุปกรณ์ของเตาไฟฟ้า

3. ผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพของเตาไฟฟ้าพบว่าเตาสามารถให้ความร้อนสูงสุดที่ 1200 องศาเซลเซียส ในอัตราการเพิ่มความร้อน 8 องศาเซลเซียสต่อนาที ด้วยกำลังไฟฟ้า 2200 วัตต์ ผลลัพธ์นี้มีความสำคัญต่อการใช้งานเตาในหลายแง่มุม ประกอบด้วยอุณหภูมิสูงสุด 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เพียงพอสำหรับการหลอมแก้วประเภทต่างๆ อัตราการเพิ่มความร้อน 8 องศาเซลเซียสต่อนาที ช่วยให้เตาสามารถร้อนขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และกำลังไฟฟ้า 2200 วัตต์ ถือว่ามีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน

ผลลัพธ์เหล่านี้ แสดงให้เห็นว่าเตาหลอมไฟฟ้าขนาดเล็กนี้ เหมาะสำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการวิจัย เตาไฟฟ้าสามารถใช้งานได้หลากหลาย เหมาะสำหรับการหลอมแก้วประเภทต่างๆ ใช้งานง่าย ประหยัดพลังงาน และควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ งานวิจัยนี้ยังได้ทดลองหลอมแก้วในสภาวะแวดล้อมจริง โดยใช้เตาหลอมไฟฟ้าขนาดเล็กที่ออกแบบและสร้างขึ้น ผลการทดสอบพบว่า แก้วที่ผลิตจากเตาหลอมไฟฟ้าขนาดเล็กนี้ มีคุณสมบัติไม่แตกต่างจากแก้วที่ผลิตจากเตาหลอมขนาดใหญ่

4. สรุปผลการวิจัย

ผลลัพธ์งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเตาหลอมไฟฟ้าขนาดเล็กนี้ มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อน เหมาะสำหรับการใช้งานหลากหลาย ประหยัดพลังงาน และควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ ให้ความร้อนสูงสุดที่ 1200 องศาเซลเซียส ในอัตราการเพิ่มความร้อน 8 องศาเซลเซียสต่อนาที ด้วยกำลังไฟฟ้า 2200 วัตต์ การวิจัยในอนาคตจะพัฒนาการออกแบบเตาไฟฟ้าเพิ่มเติม และเปลี่ยนวัสดุให้ความร้อนชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า อัตราการเพิ่มอุณภูมิที่สูงกว่าเพื่อความรวดเร็วในการเตรียมตัวอย่างที่มากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่อำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] Boonin, Kitipun & Tuscharoen, Suparat & Kaewkhao, Jakrapong. (2013). Development of Low Cost Glass Melting Furnace for Research Scale. Advanced Materials Research. 770. 241-244. 10.4028/www.scientific.net/AMR.770.241.

[2] Lee S, Hrma P, Pokorny R, Klouzek J, Eaton WC, Kruger AA. Glass production rate in electric furnaces for radioactive waste vitrification. J Am Ceram Soc. 2019; 102: 5828–5842

[3] Tian, L., Bechinger, C. Surface melting of a colloidal glass. Nat Commun 13, 6605 (2022). https://doi.org/10.1038/s41467-022-34317-2

[4] Bisht PS, Gopalakrishnan B, Dahal R, Li H, Liu Z. Parametric Energy Efficiency Impact Analysis for Industrial Process Heating Furnaces Using the Manufacturing Energy Assessment Software for Utility Reduction. Processes. 2024; 12(4):737.

[5] Wongsawat, C., & Sriwichai, N. (2020). Design and construction of temperature controlled electric furnace. *Science and Technology Journal, Rajamangala University of Technology Krungthep*, 12(2), 1-12. (In Thai)

[6] Jaidee, P., & Boonrawd, A. (2014). Design and construction of high temperature tube furnace. *Engineering Journal, King Mongkut's University of Technology Thonburi*, 24(3), 17-24. (In Thai)

[7] Pongsawat, N., & others. (2017). Study of efficiency of crucible furnace. *Science and Technology Journal, Suan Sunandha Rajabhat University*, 23(2), 1-10. (In Thai)

[8] Costa, GGD & Solinger, GR & Silva, MM & Gracioli, RP & Fernandes, FP. (2017). Development of low cost tubular furnaces for Research & Development Laboratories. The Academic Society Journal. 136-149. 10.32640/tasj.2017.4.136.

[9] J, GAUTHIER & Téreygeol, Florian. (2013), Small scale reduction of argentiferous galena: first experimental approach to ores assaying techniques, Journal of Historical metallurgy. Occasional Publication. 143-148.