การออกแบบและติดตั้งผนังกั้นระหว่างลวดนำความร้อนกับเบ้าหลอมแก้วภายในเตาหลอม

Design and Construction a Wall between the Heating Wire and the Crucible inside the Pot Furnace

กิติพันธ์ บุญอินทร์[1,3*] พีระพงษ์ แย้มชุมพร[2] สรายุทธ์ พานเทียน[2] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1,3]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[3]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[*]kboonin@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการสร้างผนังเจาะรู กั้นระหว่างลวดความร้อนกับเบ้าหลอมแก้วภายในเตาหลอม เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากการหลอมแก้วแต่ละครั้งนั้นคือการที่น้ำแก้วอันเกิดมาจากการหลอมได้ปะทุออกมานอกเบ้าหลอม ทำให้น้ำแก้วบางส่วนเกาะติดกับลวดความร้อนภายในเตา เป็นสาเหตุให้ลวดที่โดนน้ำแก้วเกิดความร้อนสูงขึ้นเกินค่าขีดจำกัดของลวด เป็นผลทำให้ลวดความร้อนขาด ดังนั้นผนังกั้นที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมานี้ จะช่วยป้องกันขดลวดได้ ทำให้ยืดระยะเวลาการใช้งานลวดความร้อน ตลอดจนลดความเสี่ยงของการหลอมแก้วด้วย

คำสำคัญ: เตาหลอมแก้ว ลวดความร้อน ผนังเจาะรู

Abstract

In this research, the researchers constructed a porous wall between the heating wire and the crucible in the pot furnace. In the generally, when batch was heated to the melting temperature the melt were eruption out and some part of eruption can be stuck on heating wire. For this reason the temperature on heating wire will increases above maximum point and heating wire were meltdown. The result of this work can be protect heating wire from the melt and increase the lifetime of heating wire and reduce the risk of glass melting processes.

Keywords: glass melting furnace, heating wire, porous wall

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับในหลาย ๆ ด้านล้วนใช้เตาเป็นอุปกรณ์สำคัญในการทำวิจัย [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัญมณีเทียมที่ทำจากแก้ว [2] โดยเตาหลอมแก้วจะต้องออกแบบมาเป็นพิเศษ ซึ่งต่างจากเตาหลอมทั่ว ๆ ไป เพราะจะต้องมีการใช้งานหนัก และมีการเปิดเตาที่อุณหภูมิสูงทุกครั้งที่หลอม ดังนั้นการออกแบบเตาให้ทนทานต่อการใช้งานและง่ายต่อการซ่อมบำรุงจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง [3] เพราะหากใช้งานเตาไฟฟ้าที่มีจำหน่ายอยู่ทั่ว ๆ ไป จะเกิดความเสียหายอย่างรวดเร็ว และเสียค่าบำรุงรักษาสูงมาก [4-6]

ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อมีการหลอมแก้วแต่ละครั้งนั้นมีสาเหตุมาจากการที่น้ำแก้วอันเกิดมาจากการหลอมได้ปะทุออกมานอกเบ้าหลอม ทำให้น้ำแก้วบางส่วนเกาะติดกับลวดความร้อนภายในเตา และไอระเหยจากการเผาแก้วได้ไปเกาะกับตัวลวดความร้อนด้วยเช่นกัน เป็นเหตุทำให้ลวดความร้อนเสื่อมสภาพลงอย่างลวดเร็ว และน้ำแก้วยังทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้นในตัวลวดความร้อนเองทำให้ลวดความร้อนขาด เป็นผลทำให้อุณหภูมิในเตาหลอมตกลงอย่างรวดเร็ว และทำให้การหลอมแก้วในครั้งนั้นสูญเปล่า นับเป็นการสูญเสียอย่างมากต่อการวิจัยในแต่ละครั้ง ไม่ว่าจะเป็นทั้งตัวลวดความร้อนโดยตรงและตัวแก้วที่นำมาหลอมด้วย

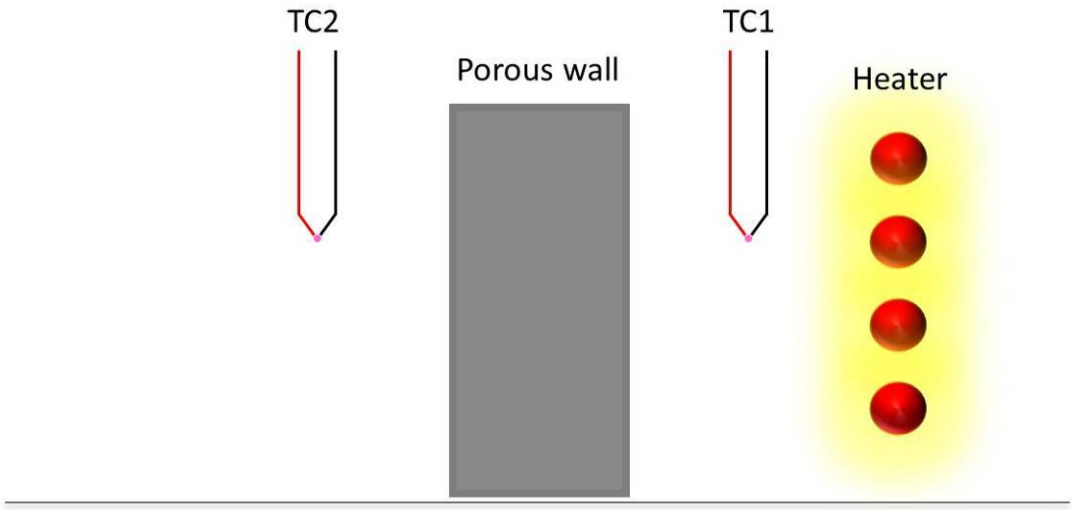
จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นอง ผู้วิจัยจึงได้คิดสร้างผนังขึ้นมาเพื่อเป็นการป้องกันน้ำแก้วที่เกิดจากการปะทุมาเกาะที่ลวดความร้อน และเป็นการยืดอายุการใช้งานรวมถึงลดความเสี่ยงที่จะทำให้ผลงานวิจัยเสียหายอีกด้วย

2. วิธีการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกวัสดุคือ เซรามิคไฟเบอร์ ซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อนชนิดเส้นใยเซรามิกส์สามารถกันความร้อนได้ดี น้ำหนักเบา ทนต่อการกัดกร่อนที่เกิดจากการเผา มาสร้างเป็นผนังกั้นระหว่างเบ้าหลอมและลวดความร้อนภายในเตา ผู้วิจัยตัดขนาด 11.5 cm ยาว 23.1 cm ตามภาพที่ 1 แล้วทำการตัดและเจาะรูโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร จำนวน 40 รูเพื่อให้ความร้อนจากลวดแผ่ออกมาได้ภายในเตาหลอมได้ จากนั้นจึงนำเข้าไปติดตั้งในเตาหลอมตามภาพที่ 2 และทำการทดลองตามวัตถุประสงค์ต่อไป สำหรับการวัดอุณหภูมิภายในเตาหลอมผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลอง โดยทำการวัดอุณหภูมิ 2 ตำแหน่งโดยวางเทอร์โมคัปเปิลตัวที่1 (TC1) เพื่อทำการวัดอุณหภูมิระหว่างผนังเจาะรูและลวดความร้อน และวางเทอร์โมคัปเปิลตัวที่2 (TC2) เพื่อทำการวัดอุณหภูมิภายในเตาที่ผ่านออกมาจากผนังเตาตามภาพที่ 3

ภาพที่ 1 แผ่นเซรามิคไฟเบอร์

ภาพที่ 2 ผนังกั้นระหว่างลวดความร้อนและเบ้าหลอม



ภาพที่ 3 การวัดอุณหภูมิระหว่างเตาทั้งสองด้าน

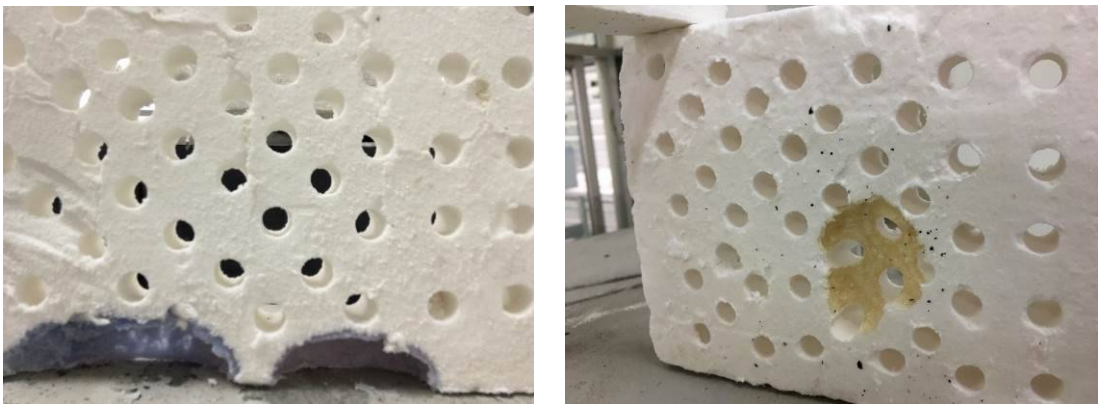
3. ผลการวิจัย

ในการทดลองผนังกั้นระหว่างเบ้าหลอมกับลวดความร้อนที่ผู้วิจัยได้ทำการสร้างขึ้นมานี้นั้น ทำให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการกล่าวคือ ตัวผนังนี้สามารถป้องกันน้ำแก้วอันเกิดมาจากการปะทุขึ้นระหว่างการหลอมไม่ให้โดนตัวลวดความร้อนที่อยู่ภายในเตาหลอมเพื่อเป็นถนอมลวดความร้อนภายในเตาได้จริงตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งผลการทดลองพบว่าเมื่อมีการประทุของน้ำแก้วในเตาที่ไม่มีผนังกั้นน้ำแก้วจะสัมผัสโดยตรงกับขดลวดซึ่งสร้างความเสียหายให้ขดลวดดังแสดงในภาพที่ 4 (ก) และภาพของลวดความร้อนมีผนังกั้นหลังจากการหลอมจะไม่พบความเสียหายที่ขดลวดตามภาพที่ 4 (ข) ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าผนังที่ออกแบบขึ้นสามารถป้องกันความเสียหายจากการประทุของแก้วได้ตามภาพที่ 5 และตารางที่ 1 แสดงผลการอ่านค่าอุณหภูมิ

ของเทอร์โมคัปเปิลตัวที่1กับตัวที่2 และค่ากระแสไฟฟ้าผ่านลวดความร้อน (I) เทอร์โมคัปเปิลตัวที่1 แสดงอุณหภูมิที่อยู่ระหว่างผนังเจาะรูและลวดความร้อน เทอร์โมคัปเปิลตัวที่2 แสดงอุณหภูมิที่อยู่ภายในเตาระหว่างผนังเจาะรู

(ก) (ข)

ภาพที่ 4 เปรียบเทียบลักษณะของลวดหลังผ่านการหลอมแก้ว (ก) ลวดความร้อนที่ไม่มีผนังกั้น (ข) ลวดความร้อนที่มีผนังกั้น



ภาพที่ 5 ผนังกั้นระหว่างลวดความร้อนกับเบ้าหลอมที่ถูกน้ำแก้วปะทุใส่

ตารางที่ 1 ผลการอ่านค่าอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลตัวที่ 1 ตัวที่ 2 และกระแสไฟฟ้า

TC1 (^{o}C)	TC2 (^{o}C)	I (A)
1055	762	15
1187	858	15.5
1322	953	15.5

นำค่าอุณหภูมิที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียความร้อนผ่านช่องเปิด การส่งผ่านความร้อนผ่านช่องเปิดสามารถคำนวนได้โดยใช้ค่าการแผ่รังสีของวัตถุดำ (black body radiation) ที่อุณภูมิของเตา (1200°C) คูณกับค่าการแผ่รังสี (emissivity) มีค่าเท่ากับ 0.8 และค่าตัวประกอบการแผ่รังสีผ่านช่องเปิด (radiation factor) ซึ่งในงานนี้ใช้ผนังกว้าง 0.115m ยาว 0.231m หนา 0.0252m ทำการเจาะช่องเปิดขนาด $6.3585\times10^{-5}m^2$ จำนวน 40 ช่องและใช้งานเตาที่อุณหภูมิ (1200°C) จะสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

ค่าการส่งผ่านความร้อนจากช่องเปิด (heat transfer due to opening)

$$Q_1 = \text{(radiation factor) x (black body radiation) x (emissivity) x (area of opening)} \quad (3.1)$$

$$= 0.71\times239810.0726\times0.8\times\left(40\times\left(6.3585\times10^{-5}\right)\right)$$

$$= 341.56\,\text{W}$$

ในกรณีผนังทึบจะสามารถคำนวณหาค่าการสูญเสียความร้อนได้จากการนำค่าการนำความร้อน (k-values) คูณกับพื้นที่หน้าตัดของผนัง (area) คูณกับค่าผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ย (ΔT)แล้วหารด้วยความหนาของผนัง

ค่าส่งผ่านความร้อนจากลวดความร้อนผ่านแผ่นฉนวนทึบสามารถหาได้ดังสมการ

$$Q_2 = \frac{(\text{k}-\text{values})\times(\text{area})\times(\Delta T)}{Thickness} \quad (3.2)$$

$$= \frac{(0.47)\times(0.7263)\times(626)}{0.0827}$$

$$= 2583.94\,\text{BTU/h}$$

$$= 757.29\,\text{W}$$

ดังนั้นค่าการส่งผ่านความร้อนรวมจากการคำนวณข้างต้นมีค่าเท่ากับ

$$Q_{tot} = 341.56 + 757.29\ \text{W}$$

$$= 1098.85\ \text{W}$$

การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าในลวดความร้อนที่อุณหภูมิ (1200°C) สามารถคำนวณได้จากกฎของโอห์ม สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.5)

$$P = I^2R \quad (3.5)$$

$$= \left(19^2\right)\times5.5$$

$$= 1985.50\,\text{W}$$

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบผนังกั้นระหว่างลวดความร้อนกับเบ้าหลอมนี้ เป็นผนังที่สามารถสร้างขึ้นเองได้ มีขั้นตอนและวิธีการทำไม่ซับซ้อน สามารถนำไปปรับใช้กับเตาหลอมที่ต้องการถนอมส่วนประกอบภายในเตา และป้องกันผลเสียอันเนื่องมาจากการที่ลวดความร้อนภายในเตาหลอมขาด ซึ่งทำให้ดำเนินการหลอมแก้วได้อย่างต่อเนื่อง สามารถลดต้นทุนการผลิตแก้วและลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงได้ ส่วนค่าความร้อนที่ส่งผ่านผนังเจาะรูยังมีค่าไม่สูงนักเมื่อเทียบกับความร้อนที่ได้จากลวดความร้อนซึ่งสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยการหาวัสดุใหม่ที่ทนไฟและส่งผ่านความร้อนได้ดีขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

[1] “อุตสาหกรรมอัญมณี”. สืบค้นเมื่อ 24 มกราคม 2552, จาก dhttp://library.dip.go.th/multim4/eb/EB%2030%20%E0%B8%97476.pdf.

[2] “อุตสาหกรรมอัญมณีเทียม”. สืบค้นเมื่อ 24 มกราคม 2552, จาก http://www.scb.co.th/LIB/th/article/ifct/data/4701-3.pdf.

[3] Boonin, K., Tuscharoen, and Kaewkhao, J., 2013, “Development of Low Cost Glass Melting Furnace for Research Scale”, Advanced Materials Research, 770, pp. 241-244.

[4] “Appliance Heating Alloys”, Kanthal Handbook, The Kanthal Corporation สืบค้นเมื่อ 03 พฤษภาคม 2557, จาก http://heatingelements.hitempproducts.com/Asset/The-Kanthal- Furnace-Mini-Handbook---Metric-version-.pdf

[5] “การศึกษาและสร้างเตาสุญญากาศ”, ประกาศิต ช่างสุภาพรรณ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[6] “Furnaces and refractories”, Energy Efficiency Guide for Industry in Asia, www.energyefficiencyasia.org