

การออกแบบเตาหลอมแบบลมร้อนขึ้นสำหรับการหลอมอะลูมิเนียม

Design of Up Draft Furnace for Melting Aluminum

เลิศชาย สติธัพพนาวงศ์* กิตติธัช ม่วงไม้ และปฏิภาณ เรืองปราษฎ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

*ผู้เขียนหลัก (Corresponding Author) E-mail: ta95559@yahoo.com

Received: December 4,2021

Revised: December 20,2021

Accepted: December 27,2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเตาหลอมขนาดเล็กสำหรับหลอมวัสดุอะลูมิเนียม และทดลองหาประสิทธิภาพเตาหลอมในการหลอมที่อุณหภูมิ 1,120 องศาเซลเซียส โดยออกแบบหลอมให้มีขนาดเล็กเหมาะสำหรับการหลอมโลหะอะลูมิเนียม ดำเนินการสร้างเตา และทดสอบประสิทธิภาพเตาที่สร้างขึ้น การทดลองหลอมเตาหลอม โดยใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ปรับแรงดันแก๊สที่ 0 - 7.0 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และแรงดันลมที่ 14.6 ปอนด์/ตารางนิ้ว ใช้เวลาในการหลอม 1 ชั่วโมง พบว่าเตาหลอมทำอุณหภูมิได้ 1,120 องศาเซลเซียส และทดลองหลอมอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิในการหลอม 1,000 องศาเซลเซียส พบว่าอะลูมิเนียมที่ใช้ทดสอบมีการหลอมตัว

คำสำคัญ: การออกแบบ เตาหลอมแบบลมร้อนขึ้น การหลอมอะลูมิเนียม

Abstract

This research aims to build a small furnace for melting aluminum materials. And try to determine the efficiency of the furnace in melting at a temperature of 1,120 degrees Celsius, The furnace design is small, suitable for aluminum melting, to building a furnace and test the efficiency of the furnace. The efficiency of the furnace using LPG gas as fuel. Adjust the LPG gas pressure at 0 - 7.0 kg/square centimeter, and air pressure at 14.6 pounds/square inch It takes 1 hour to melt. It was found that the furnace was able to reach a temperature of 1,120 degrees Celsius. Try to melt aluminum at a melting temperature of 1,000 degrees Celsius, found that the aluminum for sample was melting point.

Keywords: Design, Up Draft Furnace, Aluminum Smelting

บทนำ

ในภาคอุตสาหกรรมมีของเสียที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมภายในโรงงาน ทั้งในส่วนของการกระบวนการผลิต ส่วนสนับสนุนการผลิต และผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) นอกจากนี้ในการผลิตด้านอุตสาหกรรมมีการยังมีการนำโลหะชนิดต่าง ๆ เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง และวัสดุอื่น ๆ มาใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงาน นอกจากนี้ ในกระบวนการผลิตแต่ละประเภทจะใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกัน เช่น ใช้กลึง กัด ไส ให้เป็นแม่พิมพ์ผลิตชิ้นส่วน หรือขึ้นงาน ซึ่งกระบวนการผลิตเหล่านั้น ทำให้เกิดเศษโลหะเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก และไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ จึงกลายเป็นของเสีย ในกระบวนการผลิต ส่งผลให้เกิดปัญหาในเรื่องขยะอุตสาหกรรม ดังนั้นจำเป็นต้องมีกระบวนการกำจัดเศษโลหะ ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการกำจัดเศษวัสดุเหลือจากการผลิตโดยวิธีต่าง ๆ เช่น การหลอมโลหะ การหลอมโลหะโดยใช้เตาหลอมเป็นการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการหลอมละลายของวัตถุผ่านความร้อน (บริษัท แปซิฟิคบิสซิเนสเซ็นเตอร์จำกัด, 2563) มี 3 กระบวนการ ได้แก่ 1. การส่งผ่านความร้อนภายในตัวผลิตภัณฑ์ เมื่อความร้อนถูกดูดซึมไปยังพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจะมีการนำผ่านเข้าไปยังตัวผลิตภัณฑ์ เบ้าหลอมโลหะ โดยการถ่ายเทความร้อนภายในผลิตภัณฑ์ซึ่งเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความร้อนและค่าความร้อนของตัวผลิตภัณฑ์เอง เมื่อตัวผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสูงถึงค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่าจุดหลอมเหลวจะเกิดการเปลี่ยนสถานะที่เปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลว 2. เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์เพื่อให้แกนกลางของผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิถึงจุดหลอมเหลว ซึ่งจุดหลอมเหลวจะเป็นตัวบ่งบอกถึงเวลาที่ต้องการใช้ในการหลอมเหลว เวลาที่จุดนี้จะขึ้นอยู่กับรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อรูปร่างของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีแกนกลางอยู่ใกล้กับพื้นผิวมากจะใช้เวลาในการหลอมเหลวน้อย 3. การส่งผ่านความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงไปยังพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ โดยการพาความร้อนและการแผ่รังสี วิธีการนี้จะเป็นการแผ่รังสีความร้อนเพื่อให้ความร้อนแผ่ไปยังผลิตภัณฑ์ เบ้าหลอมโลหะ เช่น โรงหล่อโลหะ โดยทั่วไปส่วนประกอบของเตาหลอมที่มีประสิทธิภาพมีส่วนหลัก 7 ส่วน ประกอบด้วย 1. ห้องเผา (Firing chamber) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนบน (Top part) ส่วนกลาง (Middle part) และส่วนล่าง (Bottom part) เตาที่มีประสิทธิภาพในการทำงานดี จะต้องให้ความร้อนทุกส่วนอย่างสม่ำเสมอ ทุก ๆ ครั้งที่หลอม 2. ฉนวนเตา (Fier wall) โดยปกติฉนวนเตา 3 ชั้น ชั้นที่ 1 ก่อด้วยอิฐทนไฟ ทำหน้าที่ควบคุมความร้อน อิฐฉนวนภายในเตา อิฐทนไฟทำจากวัตถุดิบที่สามารถทนอุณหภูมิได้สูง อิฐทนไฟมีหลายประเภทด้วยกันแบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ประเภทที่มีคุณสมบัติเป็นกรด กลางด่าง และประเภทพิเศษอื่น ๆ ชั้นที่ 2 หุ้มด้วยเซรามิกสไฟเบอร์เป็นฉนวนกันความร้อน และชั้นที่ 3 ปิดด้วยแผ่นเหล็ก 3. พื้นเตา (Floor) ทำหน้าที่รับน้ำหนักฉนวนเตา เบ้าหลอมและวัสดุที่นำมาหลอม 4. หัวพ่น (Burner) มีทั้งชนิดที่ใช้น้ำมันและแก๊ส หัวพ่นที่ใช้กับน้ำมันชนิดใช้พ่นลม (Blower) ในตัวก็มีชนิดที่แยกต่างหากก็มี แต่ที่นิยมในงานอุตสาหกรรมสามารถใช้งานเผาได้ติดต่อกันตลอดเวลา ส่วนหัวพ่นแก๊สนิยมใช้

หัวฟันแบบ เวนจูรี (Venturi) ใช้อากาศปรับได้ในตัว 5. ประตูเตา (Door) ใช้ทำหน้าที่ปิด-เปิด ในการนำเข้าหลอมเข้า-ออกเตา 6. เครื่องมือวัดอุณหภูมิเป็นเครื่องมือที่สามารถบอกถึงอุณหภูมิในเตาหลอม โดยบอกอุณหภูมิเป็นตัวเลขหรือตารางกราฟ หรือตั้งเป็นแบบอัตโนมัติก็มีเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่เทียบสีเรียกว่า Optical Pyrometer Cone ชนิดที่ใช้วัดอุณหภูมิในเตาเรียกว่า Pyrometer cone 7. ช่องคูไฟ (Fire Hole) การสร้างเตาทุกชนิดจะต้องมีช่องคูไฟเจาะไว้ที่ฝาเตาเพื่อทำการเปลี่ยนแปลงของวัสดุที่นำมาหลอม (เลิศชาย สติยพันธ์ และอภิชาติ กระจ่างเภา, 2554)

อะลูมิเนียมเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่พบได้มากในธรรมชาติ จะพบในรูปของแร่อะลูมินา และนำมาแปรสภาพสกัดออกมาให้ได้อะลูมิเนียมที่บริสุทธิ์ที่สุด โดยใช้อะลูมิเนียมมีสีขาวคล้ายๆ กับเงิน มีความมันวาวสามารถชุบสีเพื่อเพิ่มความสวยงามได้ ทั้งยังมีน้ำหนักเบามากกว่าโลหะเหล็ก มีคุณสมบัติในด้านความคงทนแข็งแรง สามารถทนต่อการสึกกร่อน ทนความร้อนสูง และทำความสะอาดได้ง่าย อะลูมิเนียมมีจุดหลอมละลายที่ 660 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา รับภาระน้ำหนักได้สูง สามารถขึ้นรูปได้ง่าย ไม่เสียดื้อรอยร้าว และการแตกหัก ไม่เป็นสนิม ทนต่อการกัดกร่อน และไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ โดยเฉพาะการนำมาผสมกับโลหะอื่น ๆ แล้วจะทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น จุดหลอมเหลวของอะลูมิเนียมผสมจะอยู่ที่ 1,140-1,205 องศาเซลเซียส จึงนิยมนำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ รวมถึงวัสดุหรือภาชนะที่เกี่ยวข้องกับอาหาร นอกจากนั้น ยังมีคุณสมบัติทางเคมีของอะลูมิเนียมในลักษณะต่าง ๆ (Total best heat solution, 2564) อะลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่ไม่ติดไฟ ไม่เป็นแม่เหล็ก (nonmagnetic) สามารถขึ้นรูปโดยวิธีต่าง ๆ ได้ง่าย เช่น การกลึง การหล่อ เป็นต้น อะลูมิเนียมผสมจะมีโลหะอื่นผสม เช่น ทองแดง แมกนีเซียม ซิลิกอน แมงกานีส หรือสารอื่นผสมจะทำให้คุณสมบัติที่ดีเพิ่มขึ้น และสามารถทำงานได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานความแข็งแรง และความบริสุทธิ์ อะลูมิเนียมที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.996 มีค่าความเค้นแรงดึง (tensile strength) ประมาณ 49 เมกะปาสคาล (MegaPascals: MPa) ถึง 700 เมกะปาสคาล ขึ้นอยู่กับ โลหะที่ผสมลงไป ในอะลูมิเนียม (นัฐราภรณ์ ลิณาแมน, 2549)

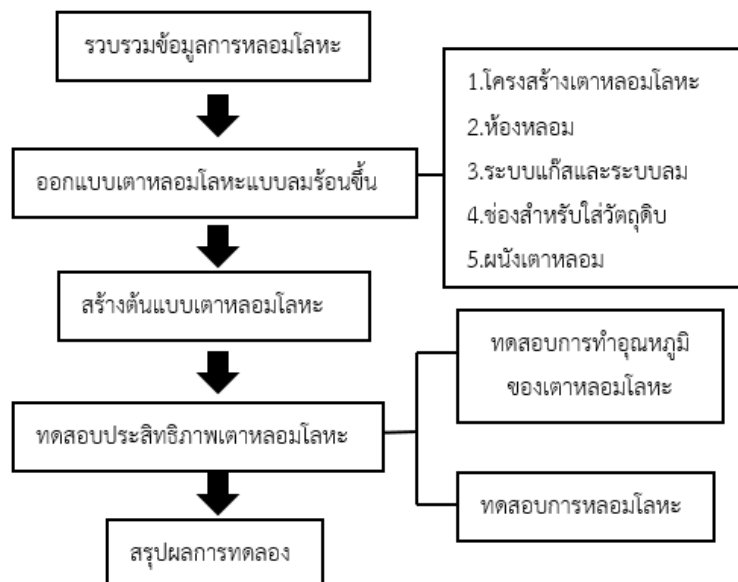
จากข้อมูลเบื้องต้นของเตาหลอมโลหะที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันมีราคาแพง ขนาดเตาหลอมมีขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบที่ได้จากเศษเหลือทิ้งของกระบวนการผลิตในปริมาณการหลอมแต่ละครั้งที่ต้องใช้ในปริมาณที่มาก มีความยากลำบากในการเคลื่อนย้าย จึงเป็นประเด็นปัญหาอุปสรรคของผู้ต้องการหลอมโลหะที่มีขนาดเล็กสามารถหลอมโลหะได้ในปริมาณที่น้อยในแต่ละครั้ง จากวัตถุดิบที่มีในปริมาณน้อย คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดออกแบบเตาหลอมขนาดเล็กขึ้นมาเพื่อใช้ในการหลอมเศษโลหะอะลูมิเนียมที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตในการหลอมแต่ละครั้งในจำนวนที่ไม่มาก นำมาหลอมใหม่ด้วยการออกแบบเตาหลอมขนาดเล็กเพื่อหลอมโลหะที่เหลือทิ้ง ทั้งยังเป็นสื่อการเรียนรู้เรียนของผู้สนใจศึกษาในการหลอมและพัฒนาเตาหลอมขนาดเล็ก เป็นเครื่องมือในการหลอมวัสดุอะลูมิเนียมเหลือทิ้ง เพื่อเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเตาหลอมต้นแบบขนาดเล็กสำหรับหลอมวัสดุอะลูมิเนียม
2. หาประสิทธิภาพเตาหลอมในการหลอมที่อุณหภูมิ 1,120 องศาเซลเซียส

วิธีการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานออกเป็น 5 ขั้นตอน ตามแผนภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย

1. รวบรวมข้อมูลการหลอมโลหะอะลูมิเนียม โดยการศึกษาลักษณะของเตาหลอมประเภทต่าง ๆ กระบวนการหลอม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหลอม วัตถุดิบที่ใช้ในการหลอม เป็นต้น
2. ออกแบบเตาหลอมโลหะแบบลมร้อนขึ้น เมื่อได้ข้อมูลการหลอมโลหะจากเตาหลอมชนิดต่าง ๆ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบเตาหลอมโลหะขนาดเล็กโดยให้ความสำคัญกับส่วนประกอบของเตา และแหล่งกำเนิดลมร้อน ตามภาพที่ 2 ในส่วนประกอบ ดังนี้

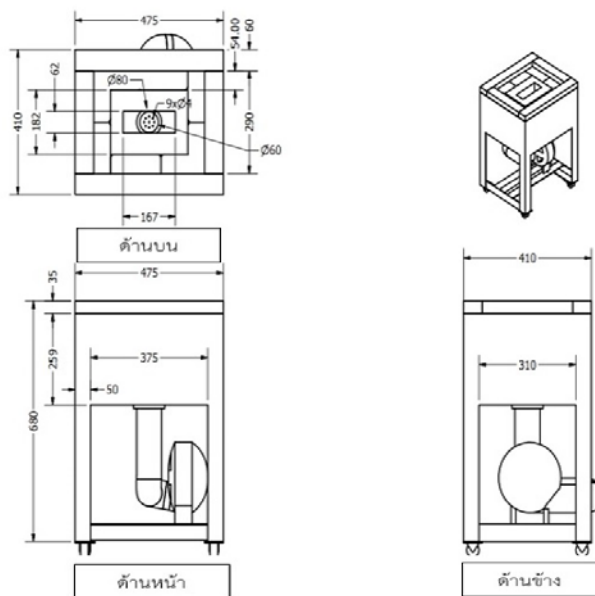
2.1 โครงสร้างเตาหลอมโลหะ มีขนาดความกว้าง 410 เซนติเมตร ความยาว 475 เซนติเมตร ความสูง 680 เซนติเมตร

2.2 ห้องหลอมโลหะ มีขนาดความกว้าง 310 เซนติเมตร ความยาว 375 เซนติเมตร ความลึก 259 เซนติเมตร

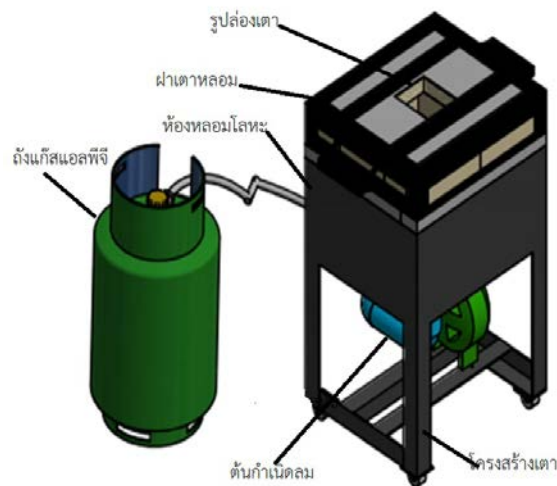
2.3 ระบบแก๊สและระบบลม เชื่อมต่อจากถึงแก๊สมายังหัวพ่นแก๊ส โดยมีวาล์วควบคุมแรงดัน

2.4 ช่องสำหรับใส่วัตถุดิบ และฝาเตาหลอมโลหะ มีขนาดความกว้าง 62 เซนติเมตร ความยาว 167 เซนติเมตร

2.5 ผนังเตาหลอม มีความหนา เซนติเมตร ด้านในห้องเผาใช้อลูมินไฟ ชั้นที่สองใช้เซรามิกส์ไฟเบอร์ และชั้นที่3 ใช้แผ่นโลหะเหล็กหนา 0.3 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2 แบบเตาหลอมโลหะ



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเตาหลอมโลหะ

3. สร้างต้นแบบเตาหลอมโลหะ เมื่อได้แบบร่างตามภาพที่ 2 คณะผู้วิจัยสร้างห้องหลอมโลหะจากการประกอบอิฐและสร้างส่วนตัวเตาหลอมโดยนำเหล็กที่ใช้ทำโครงสร้างภายนอกมาประกอบติดตั้งตามแบบ ผนังของเตาใช้เซรามิกสไฟเบอร์กรูรงจากผนังโลหะกับอิฐทนไฟที่ใช้ทำห้องหลอม แล้วจึงประกอบระบบแก๊ส หัวพันแก๊ส และระบบการวัดอุณหภูมิความร้อนตามลำดับ

4. การทดสอบประสิทธิภาพเตาหลอมโลหะ โดยทดสอบการทำอุณหภูมิของเตาหลอมโลหะใน 3 ขั้นตอน ได้แก่ ทดสอบการทำอุณหภูมิในขั้นตอนอุ่นเตา การทำอุณหภูมิของเตาหลอมโลหะในขนาดที่ห้องเผาว่าง และทดสอบการหลอมโลหะ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ทดสอบการทำอุณหภูมิในขั้นตอนอุ่นเตาเพื่อให้โครงสร้างภายในห้องเผายึดเกาะกันปรับแก๊สที่ 0 - 5.0 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และอากาศที่ 0 - 5.5 ปอนด์/ตารางนิ้ว ใช้เวลา 45 นาที

4.2 ทดสอบการทำอุณหภูมิของเตาหลอมโลหะขนาดที่ห้องเผาว่าง ปรับแก๊สที่ 0 - 5.0 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และอากาศที่ 0 - 6.14 ปอนด์/ตารางนิ้ว

4.3 ทดสอบการหลอมโลหะ ปรับแก๊สที่ 0 - 7.0 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และอากาศที่ 0 - 14.6 ปอนด์/ตารางนิ้ว

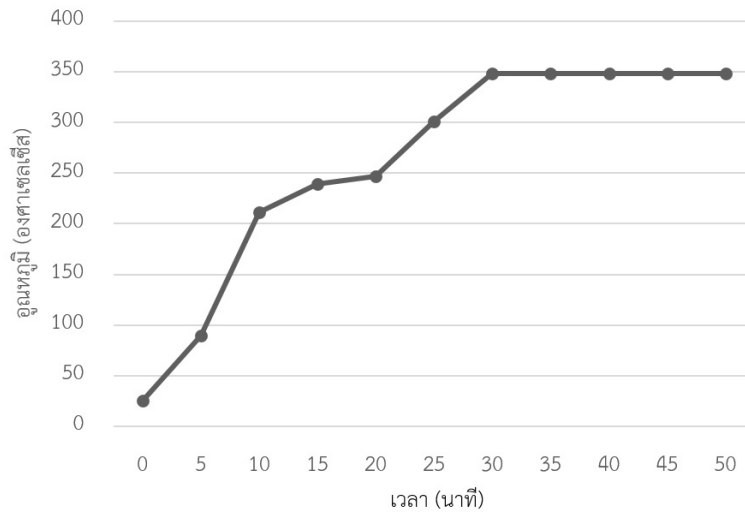
5. สรุปผลการทดลอง จากการทดลองเผาเตาเปล่า และทดลองหลอมของโลหะ

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองหาประสิทธิภาพเตาหลอมในการหลอมที่อุณหภูมิ 1,120 องศาเซลเซียส โดยมีการดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพของเตาหลอมใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ปรับแรงดันแก๊สที่ 0 - 7.0 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และแรงดันลมที่ 0-14.6 ปอนด์/ตารางนิ้ว ใน 3 ขั้นตอนคือ การอุ่นเตา การทดสอบประสิทธิภาพเตา และทดสอบการหลอมโลหะอะลูมิเนียม สามารถเก็บผลการทดลองในตารางที่ 1 - 3 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองอุ่นเตาหลอมโลหะ

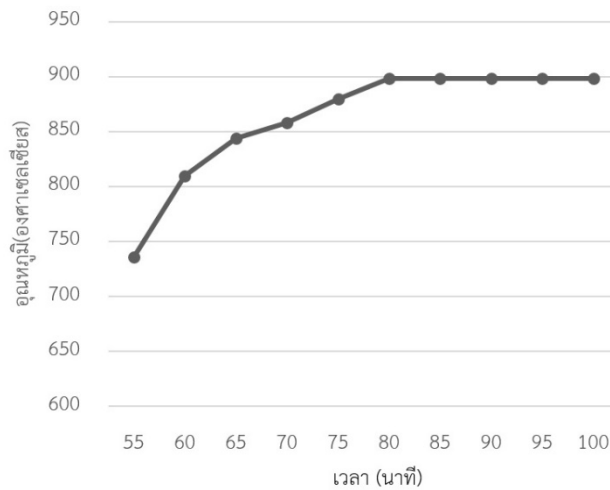
การเก็บ ผล(ครั้งที่)	เวลา (นาที)	แรงดันแก๊ส (กิโลกรัม/ตาราง เซนติเมตร)	แรงดันอากาศ (ปอนด์/ ตารางนิ้ว)	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
1	0	0	0	25	-
2	5	5.0	5.5	90	-
3	10	5.0	5.5	211	-
4	15	5.0	5.5	239	-
5	20	5.0	5.5	247	-
6	25	5.0	5.5	301	-
7	30	5.0	5.5	348	-
8	35	5.0	5.5	348	-
9	40	5.0	5.5	348	-
10	45	5.0	5.5	348	-



ภาพที่ 4 แสดงอุณหภูมิในการอุ่นเตาหลอม

ตารางที่ 2 การทดลองการทำงานของเตาหลอมโลหะ

การเก็บผล (ครั้งที่)	เวลา (นาท)	แรงดันแก๊ส (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	แรงดันอากาศ (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	หมายเหตุ
1	55	7.0	6.14	736	-
2	60	7.0	6.14	810	-
3	65	7.0	6.14	844	-
4	70	7.0	6.14	854	-
5	75	7.0	6.14	880	-
6	80	7.0	6.14	898	-
7	85	7.0	6.14	900	-
8	90	7.0	6.14	900	-
9	95	7.0	6.14	900	-
10	100	7.0	6.14	900	-



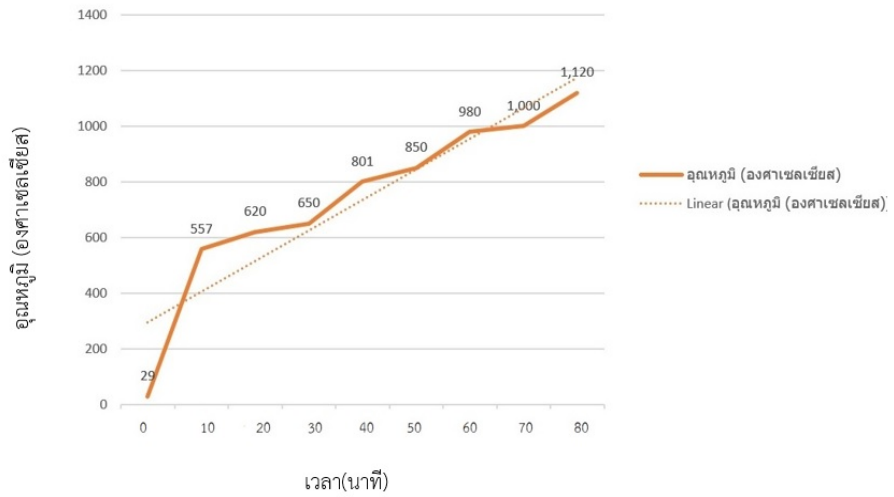
ภาพที่ 5 แสดงอุณหภูมิในการทำงานของเตาหลอมโลหะ

ตารางที่ 3 การทดลองหลอมโลหะอะลูมิเนียม

การเก็บ ผล(ครั้งที่)	เวลา (นาทีก)	แรงดันแก๊ส (กิโลกรัม/ตาราง เซนติเมตร)	แรงดัน อากาศ (ปอนด์/ ตารางนิ้ว)	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	หมายเหตุ
1	0	0	0	29	อุ่นเตา
2	10	5.0	14.6	557	อุ่นเตา
3	20	5.0	14.6	620	อุ่นเตา
4	30	5.0	14.6	650	ใส่อะลูมิเนียม
5	40	7.0	14.6	801	-
6	50	7.0	14.6	850	-
7	60	7.0	14.6	980	-
8	70	7.0	14.6	1,000	อะลูมิเนียมละลาย
9	80	7.0	14.6	1,120	ปิดเตา

ปีที่ 2 ฉบับที่ 4

วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ภาพที่ 6 แสดงอณุมหุมิในการหลอมของเตาหลอม



ภาพที่ 7 เตาหลอมโลหะต้นแบบ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 8 (ก) ห้องหลอมโลหะ และ (ข) อะลูมิเนียมก่อนและหลังการหลอม

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการสร้างเตาหลอมขนาดเล็กสำหรับหลอมวัสดุอะลูมิเนียม ด้วยการทดสอบ กำหนดอุณหภูมิในการหลอมสูงสุดที่อุณหภูมิ 1,120 องศาเซลเซียส ทดลองหาประสิทธิภาพของเตาหลอม จากการทดลองหลอมเตาที่ได้ลมร้อนจากการเผาแก๊สแอลพีจีผสมกับอากาศ โดยปรับแรงดันแก๊สที่ 0 – 7.0 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และแรงดันลมที่ 14.6 ปอนด์/ตารางนิ้ว ใช้เวลาในการหลอม 1 ชั่วโมง พบว่าเตาหลอมสามารถทำอุณหภูมิได้ 1,120 องศาเซลเซียส ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ความร้อนจากลมร้อนที่เกิดจากหัวพ่นในตำแหน่งกึ่งกลางเตาหลอม ทิศทางการไหลของลมร้อนแบบลมร้อนขึ้น เมื่อลมร้อนสะสมในห้องเผาไหม้ในส่วนของการหลอมจะสะสมความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น และมีลมร้อนส่วนหนึ่งออกทางปล่องเตาในทิศทางลมร้อนขึ้นในอัตราการไหลขึ้นของลมร้อนที่มีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา มีผลในการขึ้นของอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ อีกทั้งผลจากรูปทรง สัดส่วนของเตาหลอม การปรับอัตราส่วนของเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีกับอากาศที่ปริมาณแก๊สและแรงดันต่างกันมีผลในการขึ้นของอุณหภูมิของเตาหลอมทั้งสิ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือ 3Rs กับการจัดการของเสียภายในโรงงาน*. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ม เอส เอ็นจิเนียริง แอนด์ แมเนจเม้นท์จำกัด.
- นัฐราภรณ์ ลิณาแมน. (2549). *การหลอมโลหะจากเศษโลหะของอะลูมิเนียม ตะกั่ว เหล็ก และทองแดง*. กรุงเทพฯ : กลุ่มส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศ สำนักพัฒนาและส่งเสริม กรมอุตสาหกรรม

ปีที่ 2 ฉบับที่ 4

วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พื้นฐานและการเหมืองแร่.

บริษัท แปซิฟิคบิสซิเนสเซ็นเตอร์ จำกัด. (2563). *การหลอมโลหะโดยใช้เตาเชื้อเพลิง*. สืบค้นจาก

<http://pbchouse.com/การหลอมโลหะโดยใช้เตา/>.

เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์ และอภิชาติ กระจ่างเย่า. (2554). การพัฒนาอิฐทนไฟ 1,300 องศาเซลเซียสจากดินบางปะหัน ดินขาว ททรายและขี้เถ้า. ใน *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 8*. (น. 1311-1418). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

Total best heat solution. (2564). *อลูมิเนียม คุณสมบัติดี น้ำหนักเบา แต่แข็งแรง*. สืบค้นจาก

<https://sa-thai.com/อลูมิเนียม/>.