

การประเมินประสิทธิภาพของเตาหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้ถ่านโค้กร่วมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง Evaluation Performance of Furnace Casting Aluminum by Using Fuel Mixed Coke and Diesel

ศักดิ์สิทธิ์ ชื่นชมขนาดจาด^{1*} และธงชัย เครือฝื่อ²

¹ สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 52 หมู่ 7 ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

² สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

83 หมู่ 11 ถนนสระบุรี-หล่มสัก ตำบลสะเตียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

Saksit Chuenchomnakjad^{1*} and Thongchai Khruaphue²

¹ Program of Industrial Education and Technology, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok.

52 Moo 7, Ban Krang, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

² Program of Production Technology, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University.

83 Moo 11, Saraburi-Lom Sak Road, Tambon Sadiang, Amphoe Mueang, Phetchabun, Thailand, 67000

* ผู้รับผิดชอบบทความ: saksit273@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 09-1838-7299

Received: 30 October 2019, Revised: 9 March 2021, Accepted: 19 June 2021

บทคัดย่อ

วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินประสิทธิภาพของเตาหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้ถ่านโค้กร่วมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เพื่อการทดลองหลอมและหล่ออะลูมิเนียมให้เป็นรูปตราสัญลักษณ์วิศวกรรมด้วยวิธีการหล่อแบบโฟมหาย โดยเตาหลอมที่สร้างขึ้นจะมีรูปทรงกระบอกทำจากเหล็กเหนียว มีช่องสำหรับใส่ท่อส่งอากาศและน้ำมันดีเซล ผนังเตาภายในก่อด้วยอิฐทนไฟและฉนวนด้วยซีเมนต์ทนไฟเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อน อีกส่วนหนึ่งเป็นฐานของพัดลมเป่าอากาศและถังน้ำมันดีเซลมีโครงสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม โดยพัดลมเป่าอากาศจะเชื่อมกับท่อส่งอากาศและน้ำมันดีเซล หลักการทำงานของเตาหลอมจะเริ่มด้วยการก่อเชื้อเพลิงถ่านโค้กให้ติดไฟรอบ ๆ ภายในห้องเผาไหม้แล้วปล่อยน้ำมันดีเซลหยดลงในท่อส่งอากาศที่มีพัดลมเป่าอากาศและนำพาน้ำมันเข้าไปในห้องเผาไหม้ของเตาหลอม เพื่อให้เกิดความร้อนและหลอมอะลูมิเนียม ผลจากการทดสอบการหลอมอะลูมิเนียมน้ำหนัก 6 กิโลกรัม ความเร็วลมของพัดลมเป่าอากาศ 3.50 เมตร/วินาที อัตราการไหลของน้ำมัน 21 ลิตร/ลิตร ใช้ถ่านโค้กทั้งหมด 3.30 กิโลกรัม และน้ำมันดีเซล 2 ลิตร เตาหลอมสามารถทำอุณหภูมิของน้ำอะลูมิเนียมเหลวได้สูงถึง 678 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 110 นาที ซึ่งเป็นเวลาน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับผลทดสอบที่ความเร็วลมอื่น ๆ และเตามีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับร้อยละ 5.61

คำสำคัญ เตาหลอม อะลูมิเนียม ถ่านโค้ก น้ำมันดีเซล

Abstract

This research aimed to evaluate the performance of aluminum casting furnace using coke and diesel fuel. The melting and casting of aluminum for engineering logo were tested by the lost foam method. The cylindrical roll steel furnace was constructed from mild steel. There was a slot for supplying air ducts and diesel fuel. The inner wall of the furnace was made from fire-resistant brick and plastered with fire-resistant cement for heat insulation. Another part was the base of the air blower fan and the diesel tank. The air blower fan was connected to the air ducts and diesel fuel. The mechanism of the furnace started with the formation of coke

fuel to ignite around the inside of combustion chamber, drop the diesel oil into the air hose with an air blower fan and carry the oil into the combustion chamber of the furnace to produce heat and melt aluminum. The result of the aluminum casting test with weighs of 6 kg, the air blower fan speed of 3.50 m/s, oil flow rate of 21 min/liter, coke of 3.30 kg and diesel fuel of 2 liter showed that the furnace made the temperature of liquid aluminum up to 678 degrees Celsius with 110 minutes which was the minimum time compared to the test results at other wind speeds and the furnace has thermal efficiency equal to 5.61 percent.

Keywords: Furnace, Aluminum, Coke, Diesel fuel

1. บทนำ

การหล่อโลหะ (metal casting) หมายถึง การขึ้นรูปโลหะโดยนำโลหะมาหลอมเหลว แล้วเทหรือฉีดเข้าสู่แบบหล่อหรือแม่พิมพ์เมื่อโลหะแข็งตัวก็จะได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างตามต้องการ จากนั้นจึงเอาชิ้นงานมาตกแต่งหรือนำไปผ่านขบวนการทางความร้อน คุณสมบัติของชิ้นงานหล่อจะเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของโลหะที่จะนำมาหล่อ ชนิดแบบหล่อ ขนาดรูปร่างของชิ้นงาน และอัตราการเย็นตัวเป็นอย่างมาก การหล่อจึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตโลหะ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีความเรียบง่าย มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า และสามารถผลิตโลหะได้เป็นจำนวนมาก [1]

อุตสาหกรรมด้านการหล่ออะลูมิเนียมเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยอะลูมิเนียมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ใช้เป็นวัสดุสำหรับเป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรอุปกรณ์ และชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการน้ำหนักเบา ความแข็งแรงสูง เช่น เป็นชิ้นส่วนในเครื่องบิน และรถยนต์ เพื่อลดน้ำหนักของยานพาหนะให้น้อยลงและช่วยในการประหยัดเชื้อเพลิง หรือนำไปใช้เป็นวัสดุและชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ทนต่อการกัดกร่อนในชั้นบรรยากาศ เช่น ท่อ กรอบประตู กรอบหน้าต่าง และวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ เป็นต้น เนื่องจากชิ้นส่วนที่หล่อด้วยอะลูมิเนียมมีคุณสมบัติทางกลที่ดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของโลหะชนิดอื่น ๆ อีกทั้งอะลูมิเนียมยังสามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ขึ้นรูปได้ง่าย เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่ต้องการความสลบซับซ้อน ดังนั้นข้อได้เปรียบทางวิศวกรรมของอะลูมิเนียม ผสมหล่อก็คือน้ำหนักเบา (ต่อหน่วยปริมาตร) เบากว่าเหล็กประมาณ 3 เท่าจึงได้เปรียบกว่าเหล็กในเรื่องความแข็งแรงต่อน้ำหนักหมายความว่าถ้าใช้อะลูมิเนียมหนักเท่ากับเหล็ก ก็จะได้ความแข็งแรงเท่ากับเหล็กแต่จะให้ความหนาเพิ่มขึ้น กระบวนการหล่ออะลูมิเนียมในภาคอุตสาหกรรมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อกระบวนการผลิตและการขึ้นรูป ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาหลอมโลหะอะลูมิเนียมโดยใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันหมურ่วมก๊าซปิโตรเลียม

หลอมอะลูมิเนียมน้ำหนัก 4 กิโลกรัม แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเตาหลอมที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าเตาหลอมดังกล่าวมีประสิทธิภาพทางความร้อนเท่ากับ 6.47% และ 6.64% ตามลำดับ แต่ค่าใช้จ่ายโดยรวมของการใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันหมูร์่วมก๊าซปิโตรเลียมช่วยลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า [2] นอกจากนี้ สุรพล ชูสวัสดิ์ [3] ได้ออกแบบและสร้างหัวเชื้อเตาเผาที่ใช้หัวเผาเชื้อเพลิงก๊าซออกซิอะเซทิลีน เพื่อใช้ในการทดสอบการหลอมโลหะ การทดสอบสมรรถนะของเตาทดสอบโดยการหลอมโลหะบริสุทธิ์ และโลหะผสม ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือ สามารถใช้ในการหลอมโลหะบริสุทธิ์และโลหะผสมที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียส และพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อการหลอมโลหะ ได้แก่ ปริมาณก๊าซเชื้อเพลิง ปริมาณและชนิดของวัสดุหลอม

ขั้นตอนการหล่ออะลูมิเนียมบางขั้นตอนต้องอาศัยความชำนาญและความละเอียดของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งวิศวกรหรือผู้ปฏิบัติงานนอกจากต้องมีความรู้ความสามารถและความชำนาญแล้วนั้นยังต้องมีความเข้าใจในหลักการทางทฤษฎีและทางปฏิบัติควบคู่กันไปจึงทำให้ได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพในการใช้งาน ซึ่งในขณะนี้ภายในประเทศไทยยังไม่มีสถานที่เปิดอบรมให้ความรู้ และสร้างทักษะแก่ผู้ที่สนใจหรือแม้แต่สถาบันที่จะเปิดสอนให้กับนักศึกษายังมีไม่มากนัก เมื่อเปรียบกับตลาดแรงงานในอุตสาหกรรมที่ต้องการสูง [4] ดังนั้นการเรียนรู้ในสถานศึกษาจึงมีความสำคัญมากสำหรับการเตรียมความพร้อมทางด้านพื้นฐานให้กับนักศึกษา

ทางคณะผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นความสำคัญด้านการเรียนการสอนเป็นหลักโดยเฉพาะการเรียนในภาคปฏิบัติควบคู่กับทฤษฎีที่จะทำให้ผู้ศึกษาสามารถเข้าใจและเกิดทักษะ ได้อย่างรวดเร็วขึ้น แต่เนื่องจากสาขาวิศวกรรมอุตสาหการยังไม่สามารถจัดซื้อเครื่องมือได้ เนื่องจากเตาหลอมที่มีขายในท้องตลาดปัจจุบันมีราคาแพง จึงได้มีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเตาหลอมอะลูมิเนียม [5-6] ที่ใช้ถ่านโค้กร่วมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหลอมในการหลอมอะลูมิเนียม เตาหลอมที่ได้สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชา

ปฏิบัติงานหล่อโลหะสำหรับครูช่างอุตสาหกรรมปฏิบัติงานอบชุบโลหะสำหรับครูช่างอุตสาหกรรมวิศวกรรมการหล่อโลหะและโลหะวิทยาในงานวิศวกรรม

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

องค์ประกอบหลักของถ่านโค้กคือคาร์บอน นอกจากนี้ถ่านโค้กที่ดีจะมีความชื้น ชี้ถ้ำ กำมะถัน และฟอสฟอรัส ถ่านโค้กสำหรับใช้งานทั่วไปจะใช้ในการให้ความร้อน ถ่านโค้กมีข้อดีคือให้ความร้อนสูงกว่าถ่านหิน และมีวันและฝุ่นดำน้อยกว่า

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล การติดไฟ (ignition quality) คุณสมบัติในการติดไฟของน้ำมันดีเซล จะแสดงถึงความสามารถในการติดเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำ การป้องกันการน็อคในเครื่องยนต์ระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบ การเผาไหม้อย่างรวดเร็วจะมีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูง ความสะอาด (cleanliness) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญ น้ำมันดีเซลต้องมีความสะอาดทั้งก่อนและหลังการเผาไหม้ เช่น จะต้องมีการกรองน้ำ กากถ่าน หรือเขม่าที่น้อยที่สุด น้ำมันดีเซลมีช่วงจุดเดือดที่พอเหมาะทำให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีจุดวาบไฟสูงพอสมควร ทำให้มีความปลอดภัยในการเก็บรักษาและการขนส่ง

อะลูมิเนียมมีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์สูงจึงทำให้อะลูมิเนียมสามารถเข้าไปแทนที่เหล็กและทองแดงได้ เพราะมีความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ต่ำรองจากทองแดง นอกจากนี้อะลูมิเนียมยังมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนได้ดีในบรรยากาศทั่วไป เพราะอะลูมิเนียมเมื่อทิ้งไว้ในอากาศบริเวณผิวจะรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศให้อะลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งป้องกันไม่ให้ออกซิเจนแทรกซึมลงไปทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมภายในได้ อะลูมิเนียมจะต้องไม่มีสารมลทินพวกฟอสฟอรัส หรือของแข็งที่ไม่ต้องการ ดังนั้นการหล่ออะลูมิเนียมจึงต้องมีการเตรียมวัสดุที่จะใช้ในการหล่อให้มีคุณภาพสูง คุณสมบัติที่สำคัญของอะลูมิเนียมมีหลายประการดังต่อไปนี้

1. มีคุณสมบัติทางกลกว้างขวางกว่า กล่าวคือความแข็งแรง ความแข็ง และคุณสมบัติทุกชนิดจะเปลี่ยนแปลงอย่างมากตามธาตุผสมหรือการอบชุบ ถ้าเปรียบเทียบกับเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียวที่มีความแข็งแรงต่ำอะลูมิเนียมผสมจะได้เปรียบเรื่องน้ำหนักเบากว่า

2. มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรมและศิลปะการตกแต่ง

3. มีคุณสมบัติด้านการผุกร่อน เช่นทนการผุกร่อนต่อบรรยากาศธรรมดาหรือน้ำจืด

4. ไม่มีพิษจึงนิยมทำภาชนะต่าง ๆ และเครื่องครัวพวกหม้อหุงข้าว เป็นต้น

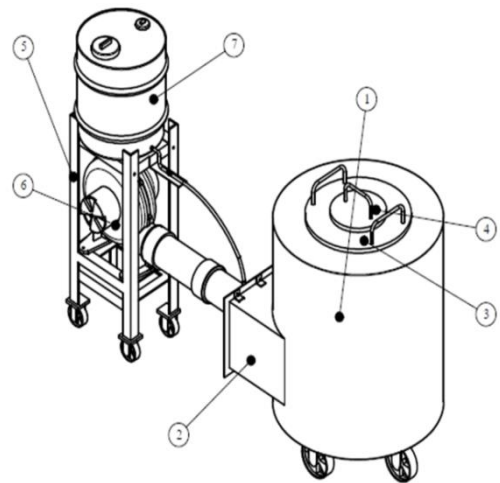
5. เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี จึงนิยมทำชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า

6. การตัดแต่งด้วยเครื่องมือกลกระทำได้ง่าย

7. มีคุณสมบัติทางการหล่อลอมดี เพราะมีอุณหภูมิหลอมเพียง 660 องศาเซลเซียสเทียบกับเหล็กหล่อ 1,135 องศาเซลเซียส นับได้ว่าอะลูมิเนียมผสมใช้อุณหภูมิต่ำมากจึงไม่มีปัญหาเรื่องวัสดุทนไฟของเตาหลอมและทรายหล่อเพราะอุณหภูมิเต้านอกจากนั้นในทางปฏิบัติยังนิยมใช้แบบหล่อถาวรและแบบหล่อแม่พิมพ์กันอย่างกว้างขวางอีกด้วย

2.2 การออกแบบเตาหลอมอะลูมิเนียม

การออกแบบเตาหลอมอะลูมิเนียมโดยใช้ถ่านโค้กร่วมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการหลอมอะลูมิเนียม มีขั้นตอนการทำงานคือ ก่อถ่านโค้กให้ติดไฟรอบ ๆ ภายในห้องเผาไหม้จากนั้นหยดน้ำมันดีเซลโดยใช้วาล์วเป็นตัวควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน และใช้พัดลมเป่าน้ำมันและอากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้ โครงสร้างของเตาหลอมอะลูมิเนียมแสดงดังรูปที่ 1



- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. ตัวถังเตา | 5. ฐานพัดลมและถังน้ำมัน |
| 2. ปล่องใส่ท่อส่งอากาศ | 6. พัดลมเป่าอากาศ |
| 3. ฝาปิดเตา | 7. ถังน้ำมัน |
| 4. ฝาระบายอากาศ | |

รูปที่ 1 โครงสร้างเตาหลอมอะลูมิเนียม

2.3 การสร้างเตาหลอมอะลูมิเนียม

1. สร้างตัวถังเตาลักษณะเป็นทรงกระบอกม้วนจากเหล็กที่มีความหนา 0.25 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 62 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร มีช่องปล่องใส่ท่อส่งอากาศ มีขนาดความกว้าง 38 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2

2. สร้างปล่องใส่ท่อส่งอากาศ ลักษณะของปล่องเป็นสี่เหลี่ยมพับจากเหล็กที่มีความหนา 0.25 เซนติเมตร มีส่วนโค้งรับกับตัวถังเตา รัศมีส่วนโค้ง 31 เซนติเมตร ด้านหน้ามีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม 25 x 30 เซนติเมตร

3. สร้างฝาปิดเตา ลักษณะฝาเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 38 เซนติเมตร โดยออกแบบให้ช่องระบายอากาศตรงกลางเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร ออกแบบให้มีหูจับ 2 ข้างเพื่อสะดวกในการปิดเปิด แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 การม้วนเหล็กเป็นรูปทรงกระบอก และการเจาะช่องเพื่อใส่ปล่องท่ออากาศ



รูปที่ 3 ฝาปิดเตาตามขนาดที่กำหนดไว้ทั้งสองฝา



รูปที่ 4 เรียงอิฐทนไฟภายในเตาหลอม

4. สร้างฝาระบายอากาศ ลักษณะฝาเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 5.50 เซนติเมตร ออกแบบให้มีหูจับเพื่อสะดวกในการปิดเปิด

5. ก่ออิฐทนไฟภายในเตาหลอมโดยเรียงสลับกับให้ค้ำจุนเตา จากนั้นทำการเจียรแต่งอิฐออกเพื่อรองรับกับฝาของเตา เมื่อก่ออิฐและเจียรนัยแต่งเสร็จแล้วภายในเตา จะมีลักษณะดังรูปที่ 4

6. สร้างฐานวางพัตลมเป่าอากาศและถังน้ำมันลักษณะฐานมีโครงสร้างเป็นทรงสี่เหลี่ยมมีความยาว 70 เซนติเมตร และมีขนาดความกว้าง 27 เซนติเมตร ชั้นแรกของฐานมีความสูง 13 เซนติเมตร ชั้นที่สองมีความสูง 20.50 เซนติเมตร และชั้นที่สามมีความสูง 64 เซนติเมตร มีส่วนที่ยื่นออกจากชั้นบนสุดมีความยาว 20 เซนติเมตร ตัวฐานติดตั้งอยู่บนล้อเลื่อนสามารถเคลื่อนที่ได้ แสดงดังรูปที่ 5

7. สร้างระบบการทำงานของเตาหลอม คือ ก่อถ่านโค้กให้ติดไฟรอบ ๆ ภายในห้องเผาไหม้ จากนั้นหยดน้ำมันดีเซลโดยใช้วาล์วเป็นตัวควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน และใช้พัตลมเป่าน้ำมันและอากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยเตาหลอมที่สร้างเสร็จแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 6

2.4 กระบวนการทดสอบเตาหลอมอะลูมิเนียม

การทดสอบเตาหลอมอะลูมิเนียมจะนำเอาอัตราการความร้อนของพัตลมเป่าอากาศและอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เหมาะสมมาทำการทดสอบร่วมกับถ่านโค้กในการหลอมอะลูมิเนียม โดยการทดสอบเตาหลอมจะทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง แต่แต่ละครั้งจะใช้ปริมาณของอะลูมิเนียม 6 กิโลกรัม และปริมาณถ่านโค้ก 5 กิโลกรัม ทำการวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรดเป็นช่วง ๆ และสังเกตดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการหลอมไปในทิศทางใดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำมันและความเร็วลม โดยในการทดสอบหล่ออะลูมิเนียมจะใช้กรรมวิธีการหล่อแบบโพนทราย มีขั้นตอนดังนี้

1. ตัดแบบโพนให้เป็นรูปตราสัญลักษณ์คณะวิศวกรรมศาสตร์

2. นำทรายหล่อมาอัดแบบโพนที่ตัดเตรียมไว้ โดยใช้กระสวนไม้เป็นตัวประกอบแบบหล่อ แสดงดังรูปที่ 7

3. นำท่อวางลงบนแบบโพน เพื่อเป็นช่องสำหรับเทน้ำอะลูมิเนียมและช่องสำหรับให้น้ำอะลูมิเนียมออกเมื่อน้ำอะลูมิเนียมแทนที่แบบแล้ว จากนั้นอัดทรายหล่อให้แน่นเสมอกับแบบไม้ แสดงดังรูปที่ 8

4. ทำการก่อไฟภายในเตาหลอมให้รอบแต่จะเว้นช่องว่างตรงกลางไว้สำหรับใส่แท่นวางเข้าหลอม เพราะถ่านไม้จะเป็นเชื้อเพลิงช่วยให้ถ่านโค้กติดไฟ

5. เมื่อถ่านติดไฟรอบเตา นำเข้าหลอมวางบนแท่นวางเข้าให้อยู่กึ่งกลางของเตาหลอม

6. ใส่ถ่านโค้กตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้ในการทดสอบให้รอบเข้าหลอม จากนั้นเปิดพัดลมเป่าอากาศเพื่อให้ถ่านโค้กนั้นติดไฟ หลังจากนั้นปิดฝาเตาเพื่อลดการสูญเสียความร้อน



รูปที่ 5 การประกอบฐาน ติดตั้งพัดลม ถังน้ำมัน และวาล์วควบคุมน้ำมัน



รูปที่ 6 เตาหลอมอะลูมิเนียม



รูปที่ 7 การอัดแบบหล่อทราย



รูปที่ 8 การวางท่อบนแบบโฟม



รูปที่ 9 ใส่อะลูมิเนียมลงในเข้าหลอม



รูปที่ 10 อะลูมิเนียมที่หลอมเหลว



รูปที่ 11 แกะแบบหล่อออก



รูปที่ 12 ชิ้นงานจากเตาหลอม

7. เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที ให้วัดอุณหภูมิในเบ้าหลอม สังเกตลักษณะเบ้าหลอมเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดง

8. ใส่อะลูมิเนียมตามน้ำหนักที่กำหนดไว้โดยใช้กระบวยเหล็กเพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อน แสดงดังรูปที่ 9

9. สังเกตการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงถ่านโค้ก แล้วทำการวัดอุณหภูมิที่อะลูมิเนียมเป็นช่วง ๆ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด เมื่ออะลูมิเนียมหลอมเหลวให้ตักน้ำอะลูมิเนียมลงในแบบหล่อทรายที่เตรียมไว้ อะลูมิเนียมที่หลอมเหลวแสดงดังรูปที่ 10

10. เมื่อน้ำอะลูมิเนียมเต็มทั่วทั้งแบบ รอประมาณ 10 นาที จากนั้นแกะอะลูมิเนียมออกจากแบบหล่อ แสดงดังรูปที่ 11-12

2.5 การทดสอบประสิทธิภาพของเตาหลอม

การทดสอบประสิทธิภาพของเตาในการหลอมอะลูมิเนียมทำได้โดยกำหนดตัวแปรหลัก คือ ความเร็วลมจากพัดลมเป่าอากาศ และตัวแปรรอง คือ เชื้อเพลิงที่ใช้ในการหลอม ทำการทดสอบความเร็วลมแต่ละระดับที่ป้อนเข้าสู่ช่องเตาหลอมที่มีผลต่อระยะเวลาในการหลอม และปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมและเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด หลังจากนั้นนำผลการทดสอบหลอมอะลูมิเนียมที่ได้ในข้างต้นมาคำนวณหาประสิทธิภาพของเตาหลอม [7]

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 การทดสอบความเร็วลมจากพัดลมเป่าอากาศ

ความเร็วลมจากพัดลมเป่าอากาศจะทำการทดสอบโดยกำหนดระดับสเกลของพัดลมเป่าอากาศขึ้นมาและทำการวัดความเร็วลมแต่ละระดับนั้นด้วยเครื่องวัดความเร็วลมได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1 โดยความเร็วลมที่ระดับสเกล 1 ให้ความเร็วลมต่ำสุดที่ 3.50 เมตร/วินาที และความเร็วลมที่ระดับสเกล 4 ให้ความเร็วลมสูงสุดที่ 6.90 เมตร/วินาที

3.2 การทดสอบอัตราการไหลของวาล์วน้ำมัน

อัตราการไหลของน้ำมันจะทำการทดสอบโดยกำหนดสเกลของวาล์วน้ำมันขึ้นมาและทำการวัดอัตราการไหลในสเกลระดับนั้นด้วยการเปิดวาล์วแล้วให้น้ำมันไหลลงใส่ภาชนะตวงแล้วจับเวลา ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

จากผลการทดสอบอัตราการไหลของน้ำมันในแต่ละระดับสเกลอัตราการไหลที่เหมาะสมที่สุดคือระดับ 1 โดยมีอัตราการไหลนานที่สุดที่ประมาณ 21 นาที/ลิตร ส่วนระดับอื่น ๆ นั้นไม่เหมาะสมที่จะนำไปทดสอบต่อ เนื่องจากให้อัตราการไหลของน้ำมันที่มากทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงมากเกินไป

3.3 การทดสอบหาอัตราความเร็วลมที่ใช้กับเตาหลอม

การทดสอบหาอัตราความเร็วลมที่ใช้กับเตาหลอมอะลูมิเนียมจะนำเอาอัตราความเร็วลมของพัดลมเป่าอากาศและอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เหมาะสมมาทำการทดสอบร่วมกับถ่านโค้กในการหลอมอะลูมิเนียม โดยการทดสอบเตาหลอมจะทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง แต่แต่ละครั้งจะทำการวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรดเป็นช่วงๆ โดยมีผลการทดสอบดังนี้

จากการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง พบว่าการทดสอบครั้งที่ 1 ที่ความเร็วลม 3.50 เมตร/วินาที อัตราการไหลของน้ำมัน 21 นาที/ลิตร ปริมาณถ่านโค้กที่ใช้ 3.30 กิโลกรัม สามารถหลอมอะลูมิเนียมจำนวน 6 กิโลกรัม ภายในระยะเวลา 100 นาที เป็นการทดสอบที่ใช้เวลาในการทำให้อุณหภูมิอะลูมิเนียมถึงจุดหลอมเหลว 660 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลาที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบอื่น ๆ โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6 องศาเซลเซียส/นาที และอะลูมิเนียมที่ทดสอบหลอมละลายสามารถเทลงแบบหล่อได้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความเร็วลมของพัดลมเป่าอากาศ

ระดับของสเกล	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)
1	3.50
2	4.90
3	6.30
4	6.90

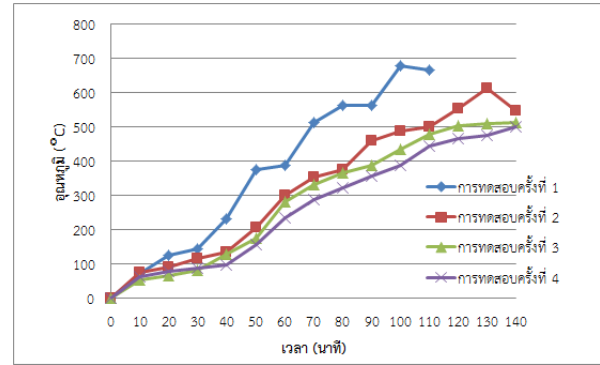
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบอัตราการไหลน้ำมันดีเซลโดยประมาณ

ระดับของสเกล	อัตราการไหล (นาทิลิตร)
1	21
2	3
3	1
4	0.67
5	0.72

ผลการทดสอบครั้งที่ 2 ที่ความเร็วลม 4.90 เมตร/วินาที สามารถทำอุณหภูมิสูงสุดได้ที่ 613 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 110 นาที ใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 140 นาที เชื้อเพลิงน้ำมันที่ใช้ทั้งหมด 2 ลิตร ปริมาณถ่านโค้กที่ใช้ 4.80 กิโลกรัม อุณหภูมิมีการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4 องศาเซลเซียส/นาที สามารถทำให้น้ำอะลูมิเนียมละลายได้ภายใน 110 นาที แต่ไม่สามารถทำการตักน้ำอะลูมิเนียมใส่ลงในแบบได้ เนื่องจากน้ำอะลูมิเนียมที่ได้นั้นเย็นตัวในระยะเวลาอันรวดเร็วสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะเชื้อเพลิงถ่านโค้กที่ให้พลังงานความร้อนแก่เตาหลอมนั้นเผาไหม้หมดไป การทดสอบในครั้งนี้จึงใช้กับเตาหลอมได้หากมีการเติมเชื้อเพลิงถ่านโค้กให้พลังงานความร้อนกับเตาหลอม

ผลการทดสอบครั้งที่ 3 ที่ความเร็วลม 6.30 เมตร/วินาที สามารถทำอุณหภูมิอะลูมิเนียมได้ที่ 513 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 110 นาที ใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 140 นาที เชื้อเพลิงน้ำมันที่ใช้ทั้งหมด 2 ลิตร ปริมาณถ่านโค้กที่ใช้ 4.60 กิโลกรัม มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ย 3.6 องศาเซลเซียส/นาที แต่อะลูมิเนียมไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะหรือไม่หลอมเหลว เพราะอุณหภูมิของอะลูมิเนียมยังไม่ถึงจุดหลอมเหลว การทดสอบนี้จึงไม่สามารถใช้งานกับเตาหลอมได้

การทดสอบครั้งที่ 4 ที่ความเร็วลม 6.90 เมตร/วินาที สามารถทำอุณหภูมิอะลูมิเนียมได้ที่ 502 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 110 นาที ใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 140 นาที เชื้อเพลิงน้ำมันที่ใช้ทั้งหมด 2 ลิตร ปริมาณถ่านโค้กที่ใช้ 4.70 กิโลกรัม มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ย 3.5 องศาเซลเซียส/นาที สถานะของอะลูมิเนียมไม่มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการทดสอบครั้งที่ 3 เพราะอุณหภูมิของอะลูมิเนียมยังไม่ถึงจุดหลอมเหลว ผลการทดสอบครั้งที่ 1 - 4 แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบอัตราความเร็วลมที่ใช้กับเตาหลอมอะลูมิเนียมจากการทดสอบครั้งที่ 1 - 4

ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลมีผลต่อการเผาไหม้ของถ่านโค้ก กล่าวคือเมื่อมีอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลมากทำให้ถ่านโค้กเกิดการเผาไหม้ได้ดี สามารถทำอุณหภูมิอะลูมิเนียมถึงจุดหลอมเหลว 660 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลาที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบอื่น ๆ จึงใช้ถ่านโค้กน้อยที่สุดคือ 3.30 กิโลกรัม นอกจากนี้ความเร็วลมจากพัดลมเป่าอากาศก็มีผลต่อการหลอมเหลวของอะลูมิเนียมเป็นอย่างมากเช่นกัน โดยถ้าปริมาณอากาศจากพัดลมเป่าอากาศมากเกินไปก็จะพาพลังงานความร้อนออกจากห้องเผาไหม้เร็วขึ้นแทนที่จะถ่ายเทให้กับผนังเตาและเบ้าหลอมโลหะซึ่งทำให้การสูญเสียความร้อนไปกับไอเสียส่งผลให้อุณหภูมิภายในเตาทดสอบไม่สูงเท่าที่ควร [8]

3.4 การคำนวณหาประสิทธิภาพของเตา

จากการที่ได้ผลการทดสอบหลอมอะลูมิเนียมที่ได้ในข้างต้น จะนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของเตาหลอมโดยคำนวณจากสมการ (1) ซึ่งคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ถ่ายเทให้กับวัตถุและความร้อนของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไป [9] ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของเตาหลอม} = \frac{\text{ความร้อนที่ถ่ายเทให้กับวัตถุ}}{\text{ความร้อนของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไป}} \quad (1)$$

โดยความร้อนที่ถ่ายเทให้กับวัตถุ (Q_m) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) ดังนี้

$$Q_m = M_m C_{p,m} (T_{m,out} - T_{m,in}) + M_m LH \quad (2)$$

- Q_m คือ ความร้อนที่ถ่ายเทให้กับวัตถุ (kcal/hr)
- M_m คือ ปริมาณของวัตถุที่รับความร้อน (kg/hr)
- $C_{p,m}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของวัตถุรับความร้อน (kcal/kg °C)
- $T_{m,out}$ คือ อุณหภูมิของวัตถุรับความร้อนออกจากระบบ(°C)

$T_{m,in}$ คือ อุณหภูมิของวัตถุรับความร้อนเข้าระบบ ($^{\circ}C$)

LH คือ ค่าความร้อนแฝงของวัตถุรับความร้อน (kcal/kg)

จากการคำนวณได้ค่าความร้อนที่ถ่ายเทให้กับวัตถุ คือ 1,710.76 kcal/hr

สำหรับความร้อนของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไป (Q_f) คือ ความร้อนที่ได้จากการสันดาปเชื้อเพลิง สามารถคำนวณได้จากสมการ (3) ดังนี้

$$Q_f = M_f LHV \quad (3)$$

เมื่อ

Q_f คือ ความร้อนของเชื้อเพลิง (kcal/hr)

M_f คือ ปริมาณที่ใช้ของเชื้อเพลิง (kg, l/hr)

LHV คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kcal/kg, l)

จากการคำนวณได้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้คือ 30,468 kcal/hr

เมื่อคำนวณพบว่าประสิทธิภาพของเตาหลอมอะลูมิเนียมโดยใช้ถ่านโค้กร่วมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีค่าประสิทธิภาพของเตาร้อยละ 5.61

3.5 ค่าใช้จ่ายของการหลอม

ราคาถ่านโค้ก 35 บาท น้ำมันดีเซลลิตรละ 30 บาท รวมเป็นเงิน 849 บาท แสดงดังตารางที่ 3 อะลูมิเนียมที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 20 กิโลกรัม เป็นเงิน 2,000 บาท ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการทดสอบทั้งหมดรวมเป็นเงิน 2,849 บาท

ตารางที่ 3 สรุปค่าใช้จ่ายของการหลอมในแต่ละครั้ง

ทดสอบครั้งที่	ถ่านโค้ก (กิโลกรัม)	น้ำมันดีเซล (ลิตร)	รวมเป็นเงิน
1	3.30	2	175.50
2	4.80	2	228.00
3	4.60	2	221.00
4	4.70	2	224.50
รวม	17.40	8	849.00

อัตราการไหลของน้ำมัน ปริมาณถ่านโค้กที่ใช้ อุณหภูมิ [10] และเวลาในการเผา มีผลต่อประสิทธิภาพการหลอมอะลูมิเนียม นอกจากนี้ความเร็วลมจากพัดลมเป่าอากาศยังส่งผลต่ออุณหภูมิภายในเตาทดสอบ เนื่องจากถ้าความเร็วลมจากพัดลมเป่าอากาศมากเกินไปจะพาพลังงานความร้อนออกจากห้องเผาไหม้เร็วขึ้นแทนที่จะถ่ายเทให้กับผนังเตาและเข้าหลอม ส่งผลให้อุณหภูมิภายในเตาทดสอบลดต่ำลง ข้อดีของเตาหลอมที่สร้างขึ้น ได้แก่ ขั้นตอนในการปฏิบัติการหลอมกระทำได้ง่ายไม่ยุ่งยาก ราคาต้นทุนในการสร้างและการซ่อมบำรุงไม่สูงเมื่อเทียบกับราคาในท้องตลาด สามารถแยกส่วนระหว่างพัดลมเป่าอากาศและตัวเตาหลอมได้ โดยทั้ง 2 ส่วนนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวก และสามารถหลอมอะลูมิเนียม

ในปริมาณที่มากกว่า คือ 6 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่หลอมได้เพียงครั้งละ 4 กิโลกรัม [3]

4. บทสรุป

จากการใช้งานเตาหลอมโดยใช้ถ่านโค้กร่วมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการหลอมอะลูมิเนียมสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. อัตราความเร็วลมจากพัดลมเป่าอากาศ 3.50 เมตร/วินาที ปริมาณถ่านโค้ก 3.30 กิโลกรัม อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง 21 นาที่/ลิตร เป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงร่วมที่เหมาะสมที่สุดในการใช้หลอมของอะลูมิเนียมกับเตาหลอมอะลูมิเนียมที่จัดสร้างขึ้น
2. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหลอมมีค่าร้อยละ 5.61
3. ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการหลอมแต่ละครั้งคิดเป็นเงิน 849 บาท และมีต้นทุนในการผลิตเตาหลอมประมาณ 20,000 บาท ซึ่งมีราคาต่ำกว่าราคาในท้องตลาด
4. มีคู่มือการใช้งานเตาหลอมอะลูมิเนียม ซึ่งเนื้อหาประกอบไปด้วยรายละเอียดของเตาหลอม ปัญหาและการแก้ปัญหาของเตาหลอม การบำรุงรักษาและซ่อมแซม ขั้นตอนการปฏิบัติงานและการใช้เตาหลอมอะลูมิเนียมอย่างปลอดภัย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยจากสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรมการและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก และสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้ข้อมูลความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเตาหลอมอะลูมิเนียม

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Arunachalam R, Krishnan PK, Muraliraja R. A review on the production of metal matrix composites through stir casting–furnace design, properties, challenges, and research opportunities. Journal of Manufacturing Processes. 2019;42:213-45.

[2] Supasin S, Chaitep S, Vittayapadung S. Compare thermal efficiency aluminum crucible furnace using lard oil share liquefied petroleum gas and diesel oil. Research Journal Kasalongkham. 2017; 11(3):317-326. Thai.

- [3] Chusawat S. Design of laboratory crucible furnace by using oxygen-acetylene gas. Available from: <http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2553/2852> [Accessed 15th October 2018]. Thai.
- [4] Trakulku K. Polymer Technology. Xpress Media Publishing, Bangkok; 1990. Thai.
- [5] Panwar N, Chauhan A, Pali HS, Sharma MD. Fabrication of aluminum 6061 red- mud composite using stir casting and micro structure observation. Materials Today: Proceedings. 2020; 21: 2014–23.
- [6] Srisomroeng P, Suebthet S, Sukyot T. Design and build a servo press for use in sheet metal forming. Industrial Engineering Network Conference Annual; 2012 Oct 17-19; Cha-am, Phetchaburi; 2012. p. 256-259. Thai.
- [7] Rezazadeh N, Hosseinzadeh H, Wu B. Effect of burners configuration on performance of heat treatment furnaces. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019;136: 799-807.
- [8] Pugasa K, Yongcharoen W. Energy improvement of aluminum melting furnace employing bunker oil burner type. Journal of Energy Research. 2015; 12(1):1-15. Thai.
- [9] Yunus AC. Heat transfer: a practical approach 2nd Edition. New Yorks: McGraw-Hill; 2013.
- [10] Dhaneswara D, Fatriansyah JF, Ramadhan R, Ashari A. The effect of melting temperature aluminum metal casting using mixed degasser based sodium fluoride and sodium nitrate. MATEC Web of Conferences. 2019;269:p. 07001.