2.1.2.(3)

การประชุมวิชาการระดับชาติ

เครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ ครั้งที่ 11

"เครือข่ายวิจัยอุดมศึกษา สานพลังประชารัฐ"

RANC2016 PROCEEDING

วันที่ 19-20 ธันวาคม 2559

ณ อาคารสุรพัฒน์ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

จัดประชุมโดย

เครือข่ายอุดมศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เครือข่ายบริหารการวิจัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

วันอังคารที่ 20 ธันวาคม 2559 กลุ่มสาขา : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ห้องนำเสนอ : ห้องประชุมย่อย B อาคารสุรพัฒน์ 2	
09.00 - 09.15	STO30 : สมบัติกายภาพของเส้นด้ายปั่นมือจากฟางข้าวไทย โดย *ณัฐวัฒน์ จตุพัฒน์วโรดม*
09. 15 – 09.30	STO31 : การพัฒนาระบบการสั่งอาหารผู้ป่วยผ่านออนไลน์ด้วยคอมพิวเตอร์ของหน่วยงานโภชนาการ โรงพยาบาลสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี โดย *วชิราวุฒิ หวังสม*
09. 30 – 09.45	STO32 : การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรกับวงเวียน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดย *ศราวุฒิ ดีรีวงษ์*
09. 45 – 10.00	STO34 : การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมหล่อมหล่ออลูมิเนียม โดย *วัชระ เพิ่มชาติ*
1 0. 00 – 10.15	STO35 : การยกระดับจิตสำนึกท้องถิ่นเพื่อการฟื้นฟูป่าชุมชนอย่างยั่งยืนตำบลโคกกลาง อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ โดย *อุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา*
1 0. 15 – 10.30	STO37 : การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบโรตารี่แนวราบสำหรับวัสดุทางการเกษตร โดย *อัศวิน ยอดรักษ์*

วันอังคารที่ 20 ธันวาคม 2559 กลุ่มสาขา : การศึกษา ห้องนำเสนอ : ห้องประชุมย่อย C อาคารสุรพัฒน์ 2	
09.00 - 09.15	EDO07 : การพัฒนาทักษะในการพูดต่อที่ประชุมชน โดยใช้ชุดการสอนบทบาทสมมติสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี อุดรธานี โดย *ศดิพงษ์ ศรีสวัสดิ์*
09. 15 – 09.30	EDO08 : การพัฒนาสื่อส่งเสริมการเรียนรู้การ์ตูนแอนนิเมชัน เรื่อง มหัศจรรย์สมุนไพรไทยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดย *หทัยรัตน์ หอมไกรลาศ*
09. 30 – 09.45	EDO09 : สมรรถนะครูศตวรรษที่ 21 โรงเรียนสาธิตจังหวัดพิษณุโลก โดย *ธัญลักษณ์ น้อยผล*
09. 45 – 10.00	EDO10 : การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ โดยใช้บทเรียนวิดีทัศน์ออนไลน์ในรูปแบบมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ STAD โดย *ปิยวรรณ รัตนภานุศร*
1 0. 00 – 10.15	EDO11 : พฤติกรรมการอ่านของนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนบ้านหน้าควนลัง(ราษฎร์สามัคคี) จังหวัดสงขลา โดย *พิชญา สุวรรณโน*

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมหลอมหล่ออลูมิเนียม
Energy Efficiency Enhancement in the Secondary Aluminium Industry

วัชระ เพิ่มชาติ [1], สมพร ธเนศวาณิชย์ [2] และจิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ [1]
[1] สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[2] สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
E-mail: kpwat@hotmail.com

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมหลอมหล่ออลูมิเนียมในประเทศไทย จัดเป็นอุตสาหกรรมอลูมิเนียมขั้นที่สอง (อุตสาหกรรมกลางน้ำ) จากข้อมูลเบื้องต้น พบว่า โรงงานหลอมหล่ออลูมิเนียมส่วนใหญ่ใช้เศษอลูมิเนียมและตะกรันอลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบ ใช้เตาเบ้าและน้ำมันดำ (PUEO) ในกระบวนการหลอม ซึ่งพบว่าใช้พลังงานสิ้นเปลืองมาก และยังก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศด้วย ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงานหลอมหล่ออลูมิเนียม โดยการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันดำเป็นก๊าซ LPG ผลการศึกษา พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยของเตาเบ้าสูงขึ้นจาก 65.99% เป็น 82.12% ในขณะที่ค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย (ค่า SEC) ลดลงจาก 5,401.22 MJ/Ton-Al เป็น 4,297.50 MJ/Ton-Al นอกจากนี้ยังพบว่า การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันดำเป็นก๊าซ LPG นี้ ส่งผลให้ปัญหาเรื่องฝุ่นละอองลดลงด้วย โดยการปรับเปลี่ยนนี้ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 1,156,349 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.40 ปี (ประมาณ 5 เดือน)

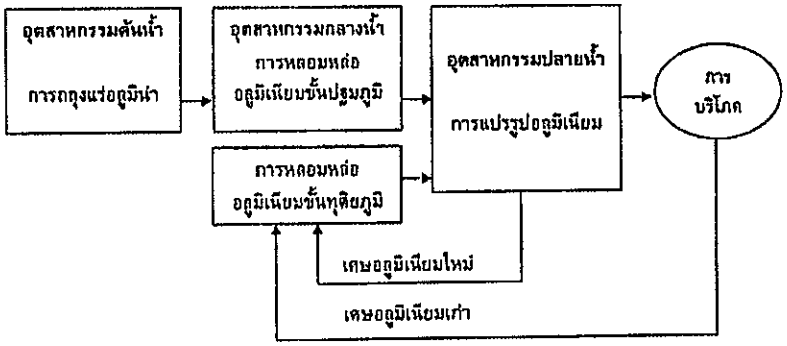
คำสำคัญ: อุตสาหกรรมหลอมหล่ออลูมิเนียม, เชื้อเพลิง, ดัชนีการใช้พลังงาน, อลูมิเนียม

Abstract

In Thailand, aluminium industry means the secondary aluminium industry (mid-stream industry). Mostly, aluminium scraps and dross have been used as raw materials in aluminium factories. Among them, melting is the most important process for producing aluminium ingot. Meanwhile, crucible furnace has been the most popular furnace used in these factories by using processed used engine oil (PUEO) as the fuel. It was found that the energy efficiency was found to be in the range of low level. Moreover, the air pollution problem was found to be high. In this research, the energy efficiency enhancement by switching the fuel from PUEO to LPG was applied. It was found that thermal efficiency of crucible furnace with LPG was increased from 65.99% to 82.12%, whereas the specific energy consumption (SEC) was found to be decreased from 5,401.22 MJ/Ton-Al to 4,297.50 MJ/Ton-Al. In addition, air pollution problem was also found to be reduced. With an investment cost of 1,156,349 baht, payback period was found to be 0.40 year (~ 5 months).
Key word: secondary aluminium industry, fuel, SEC, aluminium

คำนำ

อุตสาหกรรมหลอมหล่ออลูมิเนียมในประเทศไทยนั้น จัดเป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำทุติยภูมิของอุตสาหกรรมอลูมิเนียม ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยอุตสาหกรรมต้นน้ำและอุตสาหกรรมกลางน้ำขั้นปฐมภูมินั้น ไม่มีในประเทศไทย เนื่องจากไม่มีการถลุงแร่อลูมิน่า (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551) อุตสาหกรรมกลางน้ำขั้นทุติยภูมินี้ เป็นการนำเอาเศษอลูมิเนียมเก่าจากภาชนะและชิ้นส่วนอลูมิเนียม รวมถึงเศษอลูมิเนียมใหม่ (Scrap) จากอุตสาหกรรมปลายน้ำ นำกลับมาเข้ากระบวนการหลอมและขึ้นรูปเป็นแท่งอลูมิเนียมใหม่ ซึ่งกรมโรงงานอุตสาหกรรมจัดให้โรงงานประเภทนี้อยู่ในกลุ่มโรงงานลำดับที่ 60 และนอกจากเศษอลูมิเนียมแล้ว ยังสามารถนำตะกรันอลูมิเนียม (Dross) กลับมาหลอมเพื่อแยกเอาเนื้ออลูมิเนียมได้ด้วย ซึ่งโรงงานประเภทนี้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มโรงงานลำดับที่ 106 ตามบัญชีแยกประเภทโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2535)



รูปที่ 1 อุตสาหกรรมอลูมิเนียมในประเทศไทย

จากข้อมูลของ (ชื่อเดิม) สำนักงานความร่วมมือทางวิชาการของเยอรมัน (GTZ, 2009) หรือชื่อปัจจุบัน คือ องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ) ซึ่งอ้างอิงจากฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552) พบว่า โรงงานหลอมหล่ออลูมิเนียมทั้งสองกลุ่มดังกล่าวข้างต้น มีจำนวนทั้งสิ้น 283 โรง โดยจัดเป็นโรงงานขนาดเล็ก (จำนวนพนักงานไม่เกิน 50 คน หรือมูลค่าสินทรัพย์ไม่เกิน 50 ล้านบาท) ในสัดส่วนร้อยละ 87.28 และยังพบอีกว่า โรงงานหลอมหล่ออลูมิเนียมส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตภาคกลางและกรุงเทพมหานคร ในส่วนของขั้นตอนการผลิตในโรงงานหลอมหล่ออลูมิเนียมนั้น กระบวนการหลอม ถือเป็นขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด (มากกว่าร้อยละ 95) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เกือบทั้งหมดใช้เตาหลอมแบบเตาเบ้า (Crucible fuel-heated furnace) ขนาดบรรจุเฉลี่ย 1,000 กิโลกรัม โดยใช้น้ำมันดำหรือน้ำมันเครื่องใช้แล้วปรับสภาพ (Processed Used Engine Oil, PUEO) เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของเตาหลอมอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ส่งผลให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงาน (ค่า Specific Energy Consumption, SEC) มีค่าสูง นอกจากนี้ยังพบอีกด้วยว่า การใช้น้ำมันดำยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาฝุ่นละอองและมลพิษทางอากาศ

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงานหลอมหล่ออลูมิเนียม โดยใช้บริษัท อัมพรประเสริฐ อลูมิเนียมอินกอต จำกัด จ.สมุทรสาคร เป็นโรงงานตัวอย่าง ซึ่งทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงในการหลอมอลูมิเนียมจากน้ำมันดำ (PUEO) เป็นก๊าซ LPG และปรับปรุงเตาหลอมให้มีความเหมาะสมในการใช้งาน ตลอดจนตรวจวัดค่ามลพิษทางอากาศต่างๆ ทั้งในพื้นที่ทำงานและปล่องระบายไอเสีย

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาได้ใช้โรงงานหลอมหล่ออลูมิเนียมของบริษัท อัมพรประเสริฐ อลูมิเนียมอินกอต จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร มีกำลังการผลิตแท่งอลูมิเนียมเฉลี่ย 2,800 ตันต่อปี โดยใช้ทั้งเศษอลูมิเนียมเก่าและใหม่เป็นวัตถุดิบในการหลอม การศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานของโรงงานในสภาพปัจจุบัน (ก่อนการปรับปรุง) ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (ค่า SEC) ค่าประสิทธิภาพของเตาหลอม และค่ามลพิษทางอากาศตามประกาศของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2549) และประกาศของกรมควบคุมมลพิษ (2549) และขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าต่างๆ ตามขั้นตอนที่ 1 หลังการปรับปรุงเตาหลอมและปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นก๊าซ LPG ตลอดจนประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในส่วนของระยะเวลาคืนทุน

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหลอม ใช้หลักการสมดุลย้อนกลับ (Inverse balance) ตามสมการที่ (1) (Basu et al, 2000)

$$\eta_{ther} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5) \qquad (1)$$

โดยที่ q_2 คือ ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย (Heat loss with waste gas)

q_3 คือ ความร้อนที่สูญเสียจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (Heat loss due to incomplete combustion)

q_4 คือ ความร้อนที่สูญเสียจากการเผาไหม้ที่ไม่หมดในขี้เถ้า (Heat loss with unburned carbon in ash)

q_5 คือ ความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังเตาหลอม (Heat loss by external cooling through the surface)

ผลการวิจัย

สภาพก่อนการปรับปรุง : จากการสำรวจโรงงานอัมพรประเสริฐ อลูมิเนียมอินกอต พบว่า กระบวนการหลอมหล่อแท่งอลูมิเนียมจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การคัดแยกวัตถุดิบ 2) การจัดเตรียมวัตถุดิบ 3) การหลอม 4) การเทเข้าแบบ และ 5) การแกะออกจากแบบและจัดเก็บ รูปที่ 2 (ก) ลักษณะของเตาเบ้าที่ใช้ในการหลอมเศษอลูมิเนียม และ (ข) น้ำมันดำที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาเบ้า

(ก) (ข)

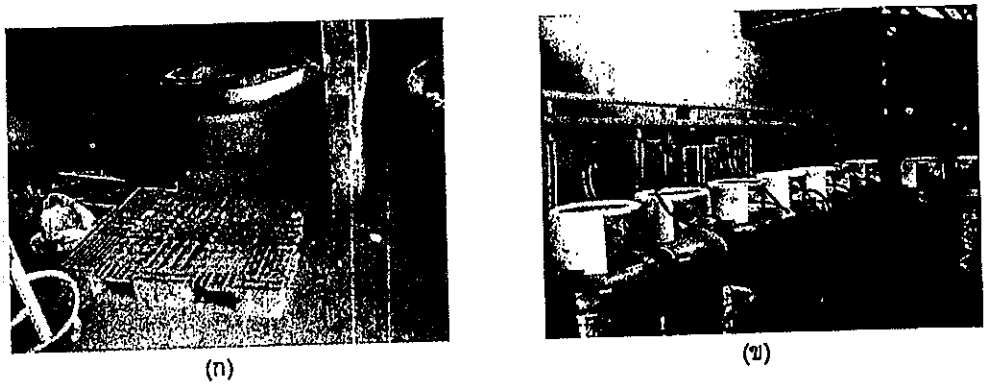
รูปที่ 2 (ก) ลักษณะเตาเบ้าที่ใช้ในการหลอมอลูมิเนียม และ (ข) น้ำมันดำที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหลอม

ขั้นตอนการหลอมถือเป็นประเด็นหลักในการศึกษา พบว่า เตาหลอมที่ใช้เป็นเตาเบ้าขนาดความจุ 1,000 กิโลกรัม มีพัดลมขนาด 1.5 กิโลวัตต์ เพื่อใช้เป่าพ่นน้ำมันดำเข้าเตาหลอม ในการหลอม 1 ครั้ง จะใช้เวลาประมาณ 3 – 3.5 ชั่วโมง โดยใช้ salt flux เป็นสารเคมีหลักในการทำปฏิกิริยาเพื่อแยกตะกรัน (Dross) ออกจากน้ำอลูมิเนียม ตะกรันที่แยกออกมานี้ พบว่า ยังมีเนื้ออลูมิเนียมปนอยู่ประมาณร้อยละ 10 – 20 จึงสามารถนำกลับมาเป็นวัตถุดิบในการหลอมอลูมิเนียมใหม่ได้โดยใช้การหลอมที่อุณหภูมิต่ำในกระทะเหล็ก ซึ่งเป็นการหลอมที่ประสิทธิภาพต่ำ ดังในรูปที่ 2 (ก) นอกจากนี้ที่บริเวณด้านบนเตาหลอมจะมีพัดลมดูดควันไอเสียขนาด 15 กิโลวัตต์ และส่งไปที่ระบบ wet scrubber เพื่อบำบัดฝุ่นควันที่เกิดขึ้นในกระบวนการหลอม สำหรับน้ำมันดำที่ใช้เป็นน้ำมันเครื่องใช้แล้วที่ผ่านการปรับคุณภาพเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอุตสาหกรรมทดแทนน้ำมันเตา ตามประกาศของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2547) ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันดำที่โรงงานหลอมหล่ออลูมิเนียมใช้ โดยเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันดำเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป (GTZ, 2009)

พารามิเตอร์	น้ำมันดำ	ดีเซล	น้ำมันเตา A
ความถ่วงจำเพาะที่ 15.6 °C	0.994	0.82-0.90	< 0.990
ความหนืด ที่ 40 °C (cSt)	-	1.8-5.0	-
ที่ 50 °C (cSt)	< 202	-	< 180
จุดวาบไฟ (°C)	81	> 52	> 60
ค่าความร้อน (kcal/kg)	6,656	10,800	10,580
เถ้า (% wt)	8.81	0.01	0.12
น้ำ (% wt)	5.67	-	-
คาร์บอน (% wt)	66.12	86.01	87.16
ไฮโดรเจน (% wt)	11.12	13.20	12.50
ไนโตรเจน (% wt)	2.56	-	-
กำมะถัน (% wt)	5.72	0.78	0.22

ข้อสังเกตที่เห็นได้อย่างชัดเจน คือ น้ำมันดำมีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าน้ำมันเตามาก ในขณะที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นและเถ้าสูง ประกอบกับขณะใช้งานไม่มีการอุ่น (Pre-heat) น้ำมันดำให้ร้อนก่อน จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าต่ำ คือ มีค่า 78.24 % และ 65.99 % ตามลำดับ



(ก) (ข)

รูปที่ 3 (ก) เตาเบ้าที่ปรับปรุงใหม่สำหรับก๊าซ LPG และ (ข) สถานีก๊าซ LPG ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดำ

สำหรับค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ต่ำมากนั้น เนื่องจากเตาเบ้าที่ใช้เป็นเตาแบบเปิดและไม่มีการหุ้มฉนวนทำให้ความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังเตาหลอม (q_5) มีค่าสูง ในการตรวจวัดพบว่า มีค่าสูงถึง 22.42 % และสำหรับค่าดัชนีการใช้พลังงาน หรือค่า SEC ในกระบวนการผลิตแท่งอลูมิเนียม พบว่า มีค่าสูงถึง 5,401.22 MJ/Ton-Al สำหรับค่า SEC ที่แนะนำไว้ในคู่มือ Best Available Techniques (BAT) Guideline สำหรับการหลอมอลูมิเนียมมีค่าอยู่ในช่วง 1,500 – 2,200 MJ/Ton-Al ที่อุณหภูมิการหลอมระหว่าง 650 – 700 °C (European Commission, 2001)

สภาพหลังการปรับปรุง : รูปที่ 3 (ก) แสดงเตาเบ้าที่ปรับปรุงใหม่โดยมีการหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนสูญเสีย และ (ข) แสดงสถานีก๊าซ LPG ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนการใช้น้ำมันดำ โดยในการปรับปรุงครั้งนี้มีการลงทุนทั้งในส่วนของการปรับปรุงตัวเตาหลอม การปรับพื้นที่ตั้งเตาหลอม ปรับเปลี่ยนหัวเผาสำหรับก๊าซ LPG สถานีก๊าซ LPG และระบบท่อส่งก๊าซ LPG ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 1,156,349 บาท

อภิปรายและสรุปผล

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของเตาหลอมหลังการปรับปรุง พบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหลอม มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 82.12 % ทั้งนี้เนื่องจากการลดลงของความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังเตาหลอม อันเนื่องมาจากการปรับปรุงเตาหลอมด้วยการหุ้มฉนวน ส่วนค่าความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย มีค่าลดลงไม่มาก คือ เพียง 0.35 % ทั้งนี้เนื่องจากเตาหลอมยังเป็นเตาระบบเปิด ไม่มีฝาปิดกันความร้อนที่ด้านบนของเตาหลอม ดังนั้นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงมาเป็นก๊าซ LPG จึงไม่มีผลกับการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาหลอมในส่วนนี้มากนัก ต่างกับค่าความร้อนที่สูญเสียจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งกรณีใช้น้ำมันดำเป็นเชื้อเพลิง พบว่า มีค่าสูงถึง 6.39 % ทั้งที่ใช้ปริมาณอากาศส่วนเกินมากถึง 82.95 % นั่นหมายถึงการเผาไหม้ที่ทำได้ยากของน้ำมันดำ อันเป็นผลมาจากประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำของชุดผสมอากาศกับเชื้อเพลิง แต่เมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นก๊าซ LPG ค่าความร้อนที่สูญเสียนี้มีค่าลดลงเหลือเพียง 1.39 %

การวิเคราะห์ค่า SEC ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตแท่งอลูมิเนียมและการใช้ก๊าซ LPG ในช่วงเวลา 4 เดือน พบว่า ค่า SEC ลดลงเหลือ 4,297.50 MJ/ Ton-Al อันเป็นผลมาจากประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีขึ้นของตัวเตาหลอมและเชื้อเพลิงก๊าซ LPG ที่ใช้ในเตาหลอมมีคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงที่ดีกว่าน้ำมันดำ นอกจากนี้ยังพบว่า การเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงมาใช้ก๊าซ LPG ส่งผลให้ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมลงได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเรื่องฝุ่นละออง จากการตรวจวัดค่าฝุ่นละอองในพื้นที่ทำงานและค่ามลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกจากโรงงาน พบว่า ทุกพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

จากการปรับปรุงโรงงานหลอมหล่ออลูมิเนียมโดยการปรับปรุงเตาหลอมใหม่และใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงในการหลอมแทนน้ำมันดำ พบว่า ค่า SEC มีค่าลดลงจาก 5,401.22 MJ/Ton-Al เหลือ 4,297.50 MJ/Ton-Al หรือลดลง 20.43 % ทั้งนี้เนื่องจากการปรับปรุงเตาหลอมใหม่ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น ประกอบกับการใช้ก๊าซ LPG ที่เผาไหม้ง่ายขึ้น และเมื่อพิจารณาในเชิงประสิทธิภาพของเตาหลอมที่ปรับปรุง พบว่า มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน เพิ่มสูงขึ้นจากเดิม 16.13 % และในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า มีระยะเวลาคืนทุน 4.8 เดือน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2549). *ประกาศกระทรวงฯ เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สถานที่พิมพ์: ผู้แต่ง. หน้า 9 – 14.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2535). *บัญชีแยกประเภทโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย*. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. (10 ตุลาคม 2559). URL: http://www.diw.go.th/hawk/data/class.pdf

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2547). *ประกาศกระทรวงฯ เรื่อง กำหนดลักษณะของน้ำมันใช้แล้วที่ผ่านกระบวนการปรับคุณภาพ และเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่จะนำมาใช้ในเตาอุตสาหกรรมเพื่อใช้ทดแทนน้ำมันเตา*. กระทรวงอุตสาหกรรม. สถานที่พิมพ์: ผู้แต่ง. หน้า 1 – 4.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2549). *ประกาศกระทรวงฯ เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน*. กระทรวงอุตสาหกรรม. สถานที่พิมพ์: ผู้แต่ง. หน้า 7 – 11.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2551). *คู่มือกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมหลอมหล่อเศษและตะกรันอลูมิเนียม* ISBN: 9789741657827. สถานที่พิมพ์: ผู้แต่ง. หน้า 1 – 56.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2552). *ฐานข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย*. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. (2 ตุลาคม 2559) URL: http://www.diw.go.th/hawk/content.php?mode=spss56

Basu, P., Cen, K.F. and Jestin, L. (2000). *Boilers and Burners. Springer*, New York.

European Commission. (2001). *Reference Document on Best Available Techniques (BAT) In Non Ferrous Metals Industries*. Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC). Publish: Author. 755 p.

German Technical Cooperation (GTZ). (2009). *Desk Study Report on Aluminum Industry and Facilitation of Guideline and Curriculum Development (Report)*. Publish: Author. 104 p.