ES006

การประเมินการนำความร้อนทิ้งกลับคืนของโรงงานเซรามิคของจังหวัดลำปางแบบ 3 มิติ: พลังงาน เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม

(Assessment of Waste Heat Recovery of Ceramic Factory of Lampang on 3 Models: Energy, Economic and Environment)

สายธาร ประสงค์ความดี[1] ณัฐวุฒิ ดุษฎี[2] และนัฐพร ไชยญาติ[2,*]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Email : ningenergy@hotmail.com
[2] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Email : natthawu@mju.ac.th
[3,*] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Email : benz178tii@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียมาใช้ในกระบวนการอบสีก่อนการชุบเคลือบโดยห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ ของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปางแบบ 3 มิติ คือ ด้านพลังงาน ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อลดอัตราการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ระยะเวลาการคืนทุน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลจากการศึกษาพบว่า การนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องเตาไอเสีย มาใช้เป็นแหล่งความร้อนในการอบสีก่อนชุบเคลือบ สามารถทดแทนการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ประมาณ 0.83 kg/h ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประมาณ 300 Baht/d (ทำงาน 24 h/d) หรือ 90,000 Baht/y (ทำงาน 300 d/y) และมีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 4.4 y ผลการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า สามารถลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 159,308 kg CO_2 eq ต่อ 1 โรงงานเซรามิค (ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3.1133 kg CO_2 eq/kg) และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานเซรามิคขนาดใหญ่ 17 แห่ง ในจังหวัดลำปางได้ประมาณ 2,708,235.82 kg CO_2 eq

คำสำคัญ: *การนำความร้อนทิ้งกลับคืน โรงงานเซรามิค ห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์*

Abstract

This research studies a concept of waste heat recovery from exhaust of ceramic factory for a central dying room in Lampang province. A 3 models of energy, economic and environment has been considered to evaluate a reduced rate of Liquid Petroleum Gas (LPG), payback period and environmental impact, respectively. From the study result, it could be concluded that waste heat recovery of exhaust from the operating process of ceramic factory could use instead of LPG as around 0.83 kg/h. The energy cost of LPG could be decreased around 300 Baht/d (Operating time 24 h/d) or 90,000 Baht/y (Operating day 300 d/y), which payback period is about 4.4 y. For the environmental impact, it could be found that this concept could reduce a released carbon dioxide at around 159,308 kg CO_2 eq for the ceramic factory 1 plant, thus, the amount of greenhouse gas at around 2,708,235.82 kg CO_2 eq could be reduced for the 17 plants of high-consumption ceramic factory in Lampang province.

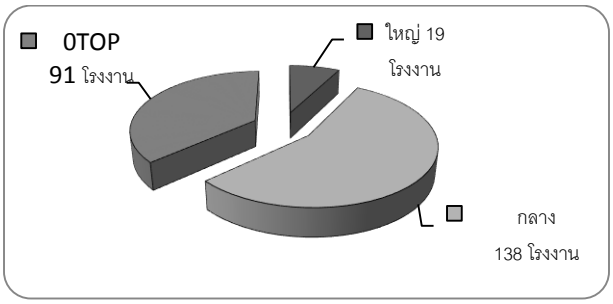
Keywords: *Waste heat recovery, Ceramic factory, Central drying room*

1. บทนำ

ตามที่รัฐบาลได้มีนโยบายการปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำทั่วประเทศ ประกอบกับราคาแก๊สหุงต้ม แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquid Petroleum Gas, LPG) ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักของขบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิคที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นปัญหาให้ผู้ประกอบการเซรามิคมีค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเมื่อผู้ประกอบการประสบกับปัญหาหลายด้าน จึงทำให้กิจการขาดทุนและมีแนวโน้มในการปิดกิจการ เป็นผลต่อมา ทำให้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของจังหวัดลำปางเป็นวงกว้าง ซึ่งจังหวัดลำปางมีอุตสาหกรรมเซรามิคเป็นอุตสาหกรรมหลักด้านเศรษฐกิจพื้นฐาน และเป็นการยกระดับรายได้ในการพัฒนาการค้า การท่องเที่ยวและการบริการของจังหวัดลำปาง ทำให้เกิดการจ้างงานให้กับประชาชนในพื้นที่ตลอดเวลาที่ผ่านมา โรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง มีจำนวนทั้งสิ้น 248 โรงงาน เป็นโรงงานขนาดใหญ่ จำนวน 19 โรงงาน ขนาดกลางจำนวน 138 โรงงาน ขนาดเล็กจำนวน 91 โรงงาน ดังแสดงรูปที่ 1 มีการใช้ LPG สำหรับการเผาเซรามิครวมทั้งสิ้น 3,000 ตันต่อเดือน โดยมีมูลค่าเชื้อเพลิง LPG ประมาณ 32.8 ล้านบาทต่อเดือน [1]

กระบวนการผลิตเซรามิคต้องใช้พลังงานในการผลิตทุกขั้นตอน ทั้งพลังงานไฟฟ้า พลังงานกล พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิง ดังนั้นหากสามารถนำเอาความร้อนที่เกิดขึ้นในโรงงานเซรามิคกลับมาใช้ประโยชน์ได้จะสามารถลดอัตราการใช้พลังงานของโรงงานเซรามิคได้อย่างทางหนึ่งด้วย โดยงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียมาใช้ประโยชน์มีดังนี้ Joachim [2] ทำการศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากหัวเผาแบบ Regenerative ของก๊าซไอเสียร้อน คล้ายกับ Ana [3] ที่นำความร้อนทิ้งในโรงงานเซรามิค จากเตาเผาแบบลูกกลิ้ง (Roller Kilns) มาช่วยในการอบเซรามิค และสามารถประหยัดพลังงานประมาณ 17% ปิยะภัทร [4] ศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิค ที่ปล่อยทิ้งทางปล่องควันอุณหภูมิประมาณ 600-800 °C พบว่า สามารถนำมาอุ่นอากาศจากอุณหภูมิ 49 เป็น 394 องศาเซลเซียส และประหยัดก๊าซ LPG ได้ร้อยละ 23 ต่อการเผา 1 ครั้ง คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ประมาณ 14,553 บาทต่อปี ระยะเวลาในการคืนทุน 2 ปี 2 เดือน ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของสุกิจ [5] จากงานวิจัยข้างต้น พบว่า มีการศึกษานำความร้อนทิ้งจากไอเสียมาใช้ในกระบวนการอบในโรงงานเซรามิคและสามารถประหยัดแก๊ส LPG ได้ แต่การศึกษาดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์ด้านพลังงาน

และด้านเศรษฐศาสตร์เท่านั้น รวมทั้งเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของโรงงานเพียงแห่งเดียว ดังนั้นเพื่อให้สามารถวิเคราะห์การลดปริมาณการใช้แก๊ส LPG ของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปางได้อย่างครบคลุมทุกมิติ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ที่ต้องการศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากไอเสียของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปางมาใช้ในการอบแห้ง โดยการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ ด้านพลังงาน ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม

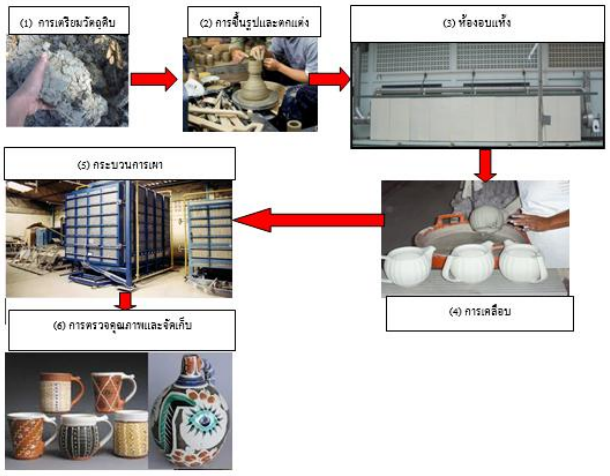


รูปที่ 1 จำนวนผู้ประกอบการเซรามิคของจังหวัดลำปาง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิค

อุตสาหกรรมเซรามิค เป็นอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลายของเทคโนโลยีในการผลิต ซึ่งมีกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิคดังแสดงในรูปที่ 2 คือ การเตรียมวัตถุดิบในขั้นตอนที่ 1 จะเป็นการทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเนื้อดินเป็นแผ่นหรือเป็นแท่ง และเมื่อได้วัตถุดิบแล้วจึงก็นำมา ขึ้นรูปและตกแต่งเป็นชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งไปทำการอบแห้งโดยขั้นตอนการอบในห้องอบแห้ง ในขั้นตอนที่ 3 เมื่อได้ผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งแล้ว นำผลิตภัณฑ์ไปผ่านการเคลือบ ในขั้นตอนที่ 4 จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์เข้าไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 °C ในขั้นตอนที่ 5 และนำผลิตภัณฑ์เซรามิคที่ได้จากการเผาแล้ว มาตรวจสอบคุณภาพและจัดเก็บต่อไปในขั้นตอนที่ 6



รูปที่ 2 การผลิตอุตสาหกรรมเซรามิค

2.2 คาร์บอนฟุตพรินต์ (Carbon Footprint)

การประเมินรอยเท้าคาร์บอนหรือคาร์บอนฟุตพรินต์ (Carbon Footprint) คือ การประเมินปริมาณก๊าซเรือนที่คาดว่าจะถูกปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตั้งแต่ได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต การใช้งานและการวัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังสมการต่อไปนี้

$$CF = EF \times AD \qquad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ CF คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Co_2 emission, kg CO_2 eq)

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, kg CO_2 eq)

AD คือ ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ (Environmental Load)

โดยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มพลังงานของ LPG และไฟฟ้า แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก [6]

ชนิดพลังงาน	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq)
ไฟฟ้า	kWh	0.6093
LPG	kg	3.1133

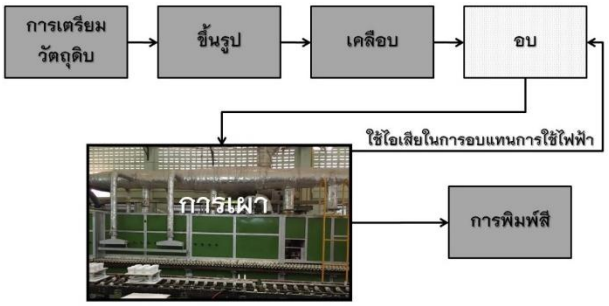
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- คัดเลือกโรงงานเซรามิคที่มีการติดตั้งห้องอบแห้ง โดยการนำความร้อนทิ้งกลับคืนจากไอเสีย และมีปริมาณการเก็บแก๊ส LPG เกิน 250 kg จำนวน 1 แห่ง เพื่อสำรวจและเก็บข้อมูล
- ดำเนินการตรวจวัดอุณหภูมิ อัตราการไหลของแก๊สไอเสีย และอัตราปริมาณสิ้นเปลืองของแก๊ส LPG
- นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด มาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของเตาเผาเซรามิคก่อนและหลังการปรับปรุง
- ทำการเก็บข้อมูลสถิติ อัตราการใช้แก๊ส LPG และอัตราการใช้ไฟฟ้าของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง ที่มีอัตราการใช้ LPG มากกว่า 1,000 kg/d
- วิเคราะห์ปริมาณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง
- วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

4. ผลและวิจารณ์ผล

ผลการตรวจวัดโรงงานเซรามิคที่มีอัตราการใช้ LPG ประมาณ 18.68 kg/h.Unit พบว่า การติดตั้งห้องเครื่องอบแห้งที่นำไอเสียจากปล่อง Cooling zone ของเตา Roller มาใช้ในการอบเซรามิค ที่มีขนาดห้องอบแห้ง 1.2 m x 12 m x 1.8 m ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องเตา Roller ด้าน Cooling zone สามารถลดอัตราการใช้ LPG ได้ประมาณ 0.83 kg/hr หรือประมาณ 4.44% คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงประมาณ 300 Baht/d (ราคา LPG เฉลี่ย 15.18 Baht/kg) หากเครื่องอบมีการใช้งาน 300 d/y สามารถประหยัดค่า LPG ได้ประมาณ 90,000 Baht/y โดยห้องอบแห้งดังกล่าวมีการลงทุนติดตั้งประมาณ 400,000 Baht และหาจุดคุ้มทุนออกมาได้ประมาณ 4.2 ปี



รูปที่ 3 การนำความร้อนทิ้งกลับคืนของห้องอบแห้งโรงงานเซรามิค

ตารางที่ 2 รายชื่อและปริมาณการใช้ LPG ของโรงงานเซรามิคขนาดใหญ่

ชื่อสถานประกอบการ	ปริมาณการใช้ LPG (kg/d)	การประหยัด LPG (kg/d)
ควอลิตี้เซรามิค	6,000	266.58
อินทราเซรามิค จำกัด	1,700	75.53
ลำปางศิลปนคร จำกัด	2,750	122.18
โรงงานประสพสุขเซรามิค	3,840	170.61
ควอลิตี้เซรามิค 002	6,000	266.58
บริษัม โฮมพอทเทอรี่ จำกัด	2000	88.86
หจก.ลำปางเจริญศิลป์ เซรามิค	1,200	53.32
ควอลิตี้เซรามิค 001	6,000	266.58
บริษัทกาสะลอง เซรามิค	5,136	228.19
บริษัทไทยแลนด์เทเบิลแวร์ (1974) จำกัด	2,896	128.67
บริษัท เอส พี พี เซรามิค จำกัด	4,212	187.14
บริษัท เอส พี พี กระเบื้องเคลือบ จำกัด	3,856	171.32
บริษัท ซิกม่าเซรามิค จำกัด	3,500	155.50
บริษัท เซรามิค เอส ที ซี จำกัด	1,100	48.87
บริษัท กระเบื้องดินเผาลำปาง-ไทย จำกัด (สาขาพระเจ้าทันใจ)	4,590	203.93
บริษัท กระเบื้องดินเผาลำปาง-ไทย จำกัด (สาขาบ้านเอื้อม)	2,589	115.03
บริษัท ผลิตภัณฑ์กระเบื้อง (ลำปาง) จำกัด	7,895	350.77
รวม	65,264	2,899.64

จากการสำรวจโรงงานเซรามิคขนาดใหญ่ในจังหวัดลำปางที่มีอัตราการใช้ LPG เกิน 1,000 kg/d พบว่า มีโรงงานขนาดใหญ่จำนวน 17 แห่ง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2 มีอัตราการใช้ LPG รวมประมาณ 65,000 kg/d ซึ่งหากโรงงานเหล่านี้มีการติดตั้งห้องอบแห้งที่ใช้ความร้อนทิ้งจากไอเสีย จะสามารถลดอัตราการใช้ LPG ได้ประมาณ 2,900 kg/d หรือ 869,892 kg/y คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจาก LPG ประมาณ 13,204,966 Baht/y

ผลด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า สามารถลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 159,308 kg CO_2 eq ต่อ 1 โรงงานเซรามิค และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานเซรามิคขนาดใหญ่ 17 แห่ง ในจังหวัดลำปางได้ประมาณ 2,708,235.82 kg CO_2 eq

5. สรุป

จากผลการศึกษาสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังต่อไปนี้

- การนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากปล่องเตาไอเสีย มาใช้เป็นแหล่งความร้อนในการอบสีก่อนชุบเคลือบ สามารถทดแทนการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ประมาณ 0.83 kg/h ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประมาณ 300 Baht/d และมีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 4.4 y
- สามารถลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 159,308 kg CO_2 eq ต่อ 1 โรงงานเซรามิค
- สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานเซรามิคขนาดใหญ่ 17 แห่ง ในจังหวัดลำปางได้ประมาณ 2,708,235.82 kg CO_2 eq/y

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และกระทรวงพลังงาน ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดลำปาง, จำนวนผู้ประกอบการเซรามิคของจังหวัดลำปาง, [ออนไลน์] เข้าถึงจาก http://www.industry.go.th/lampang/. (วันที่ 29 กันยายน 2558).

[2] Joachim Georg Wunning. (2004). Advanced Combustion Equipment for Continuous Furnaces IFRF Combustion Journal, Page 1-25.

[3] Ana Mezquita Energy. (2014). Saving in Ceramic the Kilns: Cooling Gas Heat Recovery, Applied Thermal Engineering, Volume 65, Page 102-110.

[4] ปิยะภัทร คุ้มปรีดี. (2544). การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บัณฑิตวิทยา, หน้า 1-2.

[5] สุกิจ พฤษษ์พิบูลธรรม. (2545). การนำความร้อนของแก๊สไอเสียจากเตาเผาหลักกลับมาใช้ประโยชน์ในการอบแหนม, หน้า 1-2.

[6] Thai National Database, ค่า Emission Factor ก๊าซเรือนกระจก, [ออนไลน์] เข้าถึงจาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/download/Emission_Factor_CFP.pdf (วันที่ 29 กันยายน 2558)

สายธาร ประสงค์ความดี, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
สาขางานวิจัย: พลังงานทดแทน

ผศ.ดร.นัฐพร ไชยญาติ, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
สาขางานวิจัย: Organic Rankine Cycle, Thermal design, Combined cooling heating and power (CCHP)

ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สาขางานวิจัย: พลังงานทดแทน