13. ผลการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน

จากการทดสอบเผาอิฐในเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขับพัดลมดูดอากาศ ครั้งที่ 2 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับพัดลมดูดอากาศ ครั้งที่ 3 ใช้ต้นกำลังขับพัดลมเช่นเดียวกับครั้งที่ 1 อิฐที่เผาได้แสดงดังรูปที่ 36 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาอิฐเมื่อเวลาผ่านไปของการเผาอิฐ 2 ครั้งแรกแสดงดังรูปที่ 37 และ 38

พลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐและพลังงานสูญเสียในกรณีต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4, 5 และ 6

ผลการคำนวณพลังงานความร้อนสะสมในเตาแสดงดังตารางที่ ผ.1.1-ผ.1.4 และ ผ.2.1-ผ.2.3 ในภาคผนวก ผ.1 และ ผ.2

ผลการคำนวณพลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังเตาแสดงดังตารางที่ ผ.1.5-ผ.1.11 และ ผ.2.4-ผ.2.8 ในภาคผนวก ผ.1 และผ.2

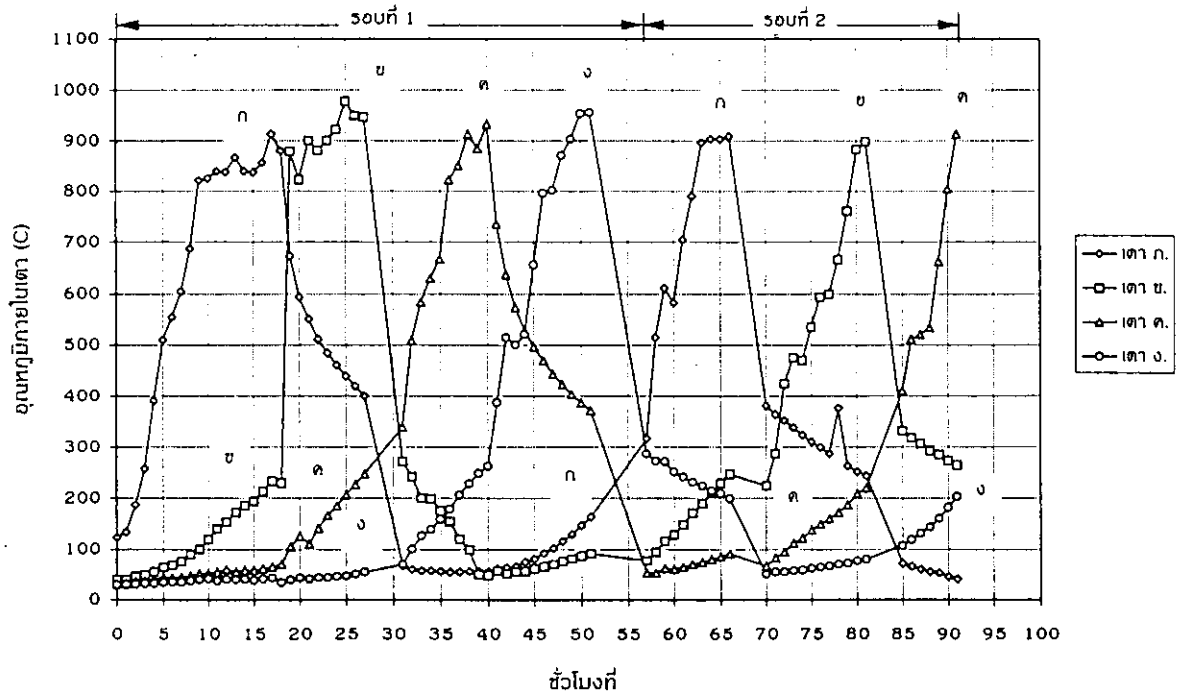
ผลการคำนวณความร้อนสูญเสียไปกับไอเสียผ่านปล่องแสดงดังตารางที่ ผ.1.11-ผ.1.15 และ ผ.2.9-ผ.2.13 ในภาคผนวก ผ.1 และ ผ.2

รูปที่ 36 แสดงอิฐสุกที่ได้จากการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน

13.1 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานครั้งที่ 1

ในการทดสอบเผาอิฐครั้งที่ 1 ทดลองเผาอิฐทั้งสิ้น 7 เตา ได้อิฐสุกประมาณ 9,200 ก้อน มีอิฐชั้นล่างสุดในเตาแรกประมาณ 200 ก้อนที่เผาไม่สุกเนื่องจากการไหลเวียนของอากาศภายในเตาไม่สม่ำเสมอ บริเวณชั้นล่างของกองอิฐเป็นจุดอับความร้อนประกอบกับมีการรั่วไหลของอากาศภายนอกเข้าสู่ภายในเตาทำให้ควบคุมอุณหภูมิเผาได้ยาก ซึ่งข้อบกพร่องในกรณีนี้ได้แก้ไขโดยการปิดจุดที่อากาศภายนอกรั่วไหลเข้าเตา และเพิ่มความสูงของฐานเรียงอิฐบนรถเรียงอิฐเพื่อหลีกเลี่ยงจุดอับความร้อน

พิจารณารูปที่ 37 อุณหภูมิเผาในเตา ก. ซึ่งเป็นเตาแรกที่เผา จะเห็นว่าอุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 120°C และเพิ่มไปเป็น 820°C ภายในเวลา 8 ชั่วโมง การเพิ่มอุณหภูมิภายในเตาช่วงแรกไม่เป็นไปตามรูปที่ 5 ส่งผลให้กระบวนการอบแห้งอิฐถูกข้ามไป อิฐดิบไม่ได้รับการไล่น้ำออกหมดก่อนเข้าสู่การเผา อิฐสุกที่ได้จึงมีคุณภาพไม่ดี มีรอยแตกร้าวเนื่องจากการขยายตัวอย่างทันทีทันใดของผิวนอกอิฐมากกว่าภายใน



รูปที่ 37 แสดงอุณหภูมิภายในเตาเผาอิฐกับเวลาสำหรับการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 1

อิฐในเตา ข. ก็มีลักษณะเช่นเดียวกับเตา ก. เนื่องจากช่วงเวลาของการไล่น้ำและการเผาเร็วเกินไป (เกิด thermal shock) ส่วนอิฐในเตา ค. และ ง. ที่ได้จะแตกร้าวน้อยกว่าซึ่งจะสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิในเตาทั้ง 2 ในช่วงแรกเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งช่วงเวลาในการอบแห้งประมาณ 20-30 ชั่วโมง ช่วง

เวลาในการอุ่นอิฐเกือบ 10 ชั่วโมง และใช้เวลาในการเผาประมาณ 8 ชั่วโมง (ตั้งแต่อุณหภูมิ 500°C จนถึงอุณหภูมิสูงสุด) สำหรับการเผาอิฐในเตา ก., ข. และ ค. ในรอบที่ 2 ก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน

จากรูปที่ 37 จะเห็นว่าอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการเผาจะมีค่าประมาณ 900°C-950°C ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการไหลของอากาศที่ทางเข้าเตาขณะเผาไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถเพิ่มอุณหภูมิเผาในเตาให้สูงได้ตามต้องการ แม้ว่าปกติการเดินพัดลมขณะไม่มีภาระจะให้อัตราการไหลที่เพียงพอแต่การดูดอากาศผ่านห้อง 4 ห้องของเตาเผาอิฐทำให้แรงดูดอากาศด้านเตาเผาน้อยเกินไป ไม่สามารถดูดอากาศเข้าเตาได้อย่างเพียงพอ ประกอบกับมีอากาศรั่วเข้าเตาแต่ละเตาบริเวณที่เป็นรอยต่อระหว่างรถลำเลียงอิฐกับประตูเตา โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เตาอบแห้งอิฐเนื่องจากเป็นเตาที่อุณหภูมิต่ำกว่าเตาอื่นในขณะที่เตาเผา การรั่วของอากาศภายนอกเข้าเตาที่กำลังเผาจะมีผลน้อยกว่าเนื่องจากภายในเตามีอุณหภูมิสูง การปรับปรุงแก้ไขทำได้โดยการเพิ่มจำนวนรอบของพัดลมดูด แต่การเพิ่มจำนวนรอบพัดลมจะส่งผลให้อุปกรณ์ขับพัดลมต้องรับภาระเพิ่มขึ้นเช่นกัน การเพิ่มอัตราการไหลจะอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความเร็วรอบดังนี้

$$\frac{Q_1}{N_1 D_1^3} = \frac{Q_2}{N_2 D_2^3}$$ D เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของพัดลม, N เป็นความเร็วรอบ

$$Q_2 = Q_1 \frac{N_2}{N_1}$$ ($D_1 = D_2$)

ส่วนการเพิ่มแรงดูดของพัดลมทำได้โดยการเพิ่มความเร็วรอบเช่นกันโดยอาศัยความสัมพันธ์ดังนี้

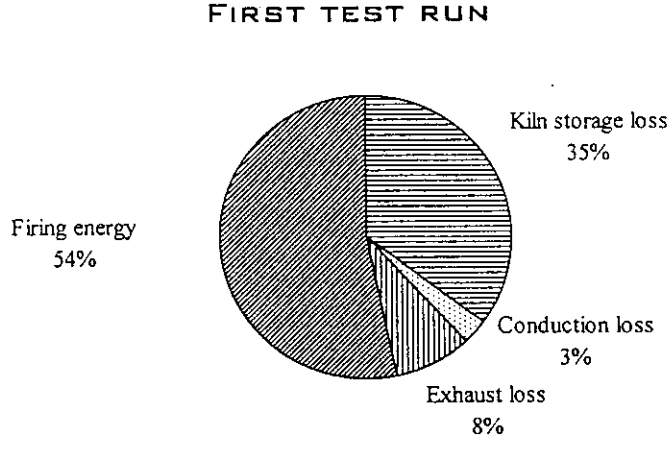
$$\frac{H_1}{N_1^2 D_1^3} = \frac{H_2}{N_2^2 D_2^2}$$ H คือ head ของพัดลม

$$H_2 = H_1 \frac{N_2^2}{N_1^2}$$ ($D_1 = D_2$)

พิจารณาผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานในการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานครั้งที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4 จะได้ว่าเวลาที่ใช้ในการเผาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.2 ชั่วโมง ทั้งที่ควรใช้เวลาในช่วงการเผาประมาณ 6 ชั่วโมง หากกลับไปพิจารณารูปที่ 37 จะเห็นว่าเตา ข. เริ่มเผาเมื่อเตา ก.เผาเสร็จ โดยเริ่มต้นจากอุณหภูมิในเตา ข.ประมาณ 240°C ซึ่งค่อนข้างต่ำจึงทำให้ใช้เวลาในการเผาแต่ละเตามากกว่าที่ควรเป็นและสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น อุณหภูมิเริ่มต้นในการเผาเตา ข. ควรมีค่าประมาณ 400-500°C และอัตราการใช้ไม้ฟืนระหว่างการเผาควรมีค่าประมาณ 30 kg/h (สำหรับเตาเผาอิฐขนาด 1200 ก้อน/เตา)

ในแง่ของพลังงานสูญเสียแสดงตามสัดส่วนดังรูปที่ 38 พลังงานความร้อนที่สูญเสียโดยสะสมในโครงสร้างเตาจะมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับพลังงานความร้อนที่สูญเสียในกรณีอื่นๆ พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสียมีค่ารองลงมาและพลังงานความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังเตามีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้เป็นผลจากการปรับปรุงโครงสร้างผนังเตาจากเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานต้นแบบ ได้แก่ ส่วน

ของหลังคาเตาซึ่งเดิมใช้วิธีการหล่อซิเมนต์ทนไฟ ขณะเผาอุณหภูมิผิวหลังคาจะมีค่าประมาณ 200°C แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ฉนวนเซรามิกส์ไฟเบอร์ซึ่งมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่า อุณหภูมิผิวหลังคาเตามีค่าประมาณ 80°C-90°C จึงลดการสูญเสียความร้อนผ่านหลังคาเตาลงไปได้มาก ในส่วนของผนังบริเวณช่องก๊าซร้อนได้มีการปรับปรุงโดยเพิ่มความหนาของผนัง ทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกลดลง ความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังเตาจึงลดลง ขณะที่ความร้อนสะสมจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมวลของวัสดุเพิ่มขึ้นแต่ความร้อนที่สะสมในส่วนนี้จะถ่ายเทให้กับเตาถัดไปและจะช่วยประหยัดพลังงานในการเผาอิฐในรอบที่ 2 อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าปริมาณความร้อนที่สะสมในเตาช่วงแรกของการเผาอิฐในเตา ก. รอบแรกค่อนข้างสูง รวมถึงปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทสู่อิฐ เนื่องจากขณะเริ่มเผาอุณหภูมิของโครงสร้างเตายังไม่สูงนัก สามารถสะสมปริมาณความร้อนที่ป้อนให้เตาได้เต็มที่ ในทางตรงข้ามพลังงานที่สูญเสียไปกับไอเสียผ่านปล่องมีค่าน้อยที่สุด เพราะอุณหภูมิในเตาอื่นๆที่อยู่ถัดไปยังไม่สูงนัก ไอเสียที่ออกจากเตาจึงมีอุณหภูมิต่ำ (35-40°C)



รูปที่ 38 แสดงสัดส่วนพลังงานความร้อนที่ใช้และสูญเสียในเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์พลังงานในการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานครั้งที่ 1

เตาที่เผา	เวลาที่ใช้ (hr)	ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ (kg)	อัตราการใช้ไม้ฟืน (kg/hr)	พลังงานจากไม้ฟืนที่ใช้ (MJ)	พลังงานจำเพาะ (MJ/kg)	ความร้อนสะสมในเตา (MJ)	คิดเป็นสัดส่วน (%)	ความร้อนสูญเสียผ่านผนังเตา (MJ)	คิดเป็นสัดส่วน (%)	ความร้อนสูญเสียไปกับไอเสีย (MJ)	คิดเป็นสัดส่วน (%)	ความร้อนที่ถ่ายเทสู่อิฐ (MJ)	คิดเป็นสัดส่วน (%)	พลังงานอื่นๆที่ใช้		พลังงานจำเพาะรวมทั้งหมด (MJ/kg)
														น้ำมันดีเซล (MJ)	ไฟฟ้า (MJ)	
ก	18.5	368	19.89	5688.912	3.854	1561.089	27.4	82.779	1.5	111.606	2.0	3933.438	69.1	400.62	-	4.126
ข	9	162	18.00	2504.358	1.697	1234.89	49.3	122.966	4.9	171.845	6.9	974.657	38.9	218.52	-	1.845
ค	9.46	243	25.69	3756.537	2.545	1623.59	43.2	67.323	1.8	202.713	5.4	1862.911	49.6	254.94	-	2.718
ง	7.55	173	22.91	2674.407	1.812	984.537	36.8	92.928	3.5	303.838	11.4	1293.104	48.4	245.835	-	1.978
ก	9.56	223	23.33	3447.357	2.336	1067.265	31.0	68.544	2.0	201.969	5.9	2109.579	61.2	254.94	-	2.508
ข	11.5	217	18.87	3554.603	2.273	1129.703	31.8	91.295	2.6	258.162	7.3	2075.443	58.4	282.255	-	2.464
ค	7.57	162	21.40	2504.358	1.696	464.383	18.5	90.93	3.6	420.028	16.8	1529.017	61.1	145.68	-	1.795

พลังงานจำเพาะคำนวณจาก ค่าความร้อนของไม้ฟืน (ไม้ยางพารา) เท่ากับ 15.459 MJ/kg ที่ความชื้นเฉลี่ย 15.9% (ฐานแห้ง)

จากตารางที่ 4 พลังงานจำเพาะจากไม้ฟืนที่ใช้ในการเผาอิฐเตา ก. รอบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3.854 MJ/kg เป็นค่าที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากใช้เวลาในการเผานานกว่าเตาอื่นคือ 19 ชั่วโมง แม้จะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตาได้ตามต้องการ (ดูรูปที่ 37 เปรียบเทียบกับรูปที่ 34) แต่ผู้ควบคุมเตาก็พยายามที่จะควบคุมอุณหภูมิในเตาที่อยู่ถัดไปคือเตา ข., ค. และ ง. การเผาที่ใช้เวลานานทำให้สิ้นเปลืองพลังงานดังนั้นค่าพลังงานจำเพาะของการเผาอิฐเตา ก. รอบแรกจึงสูง เปรียบเทียบได้กับการเผาอิฐเตา ค. และเตา ง. รอบแรก ซึ่งใช้เวลา 7.6 ชั่วโมง ให้ค่าพลังงานจำเพาะค่อนข้างต่ำคือ 1.696 MJ/kg และ 1.812 MJ/kg ตามลำดับ เนื่องจากอิฐในเตา ค. และเตา ง. อยู่ในกระบวนการอบแห้งและอุ่นอิฐนานที่สุด คือ 22 ชั่วโมง และ 35 ชั่วโมงก่อนเข้าสู่กระบวนการเผา ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในเตาอย่างทั่วถึง

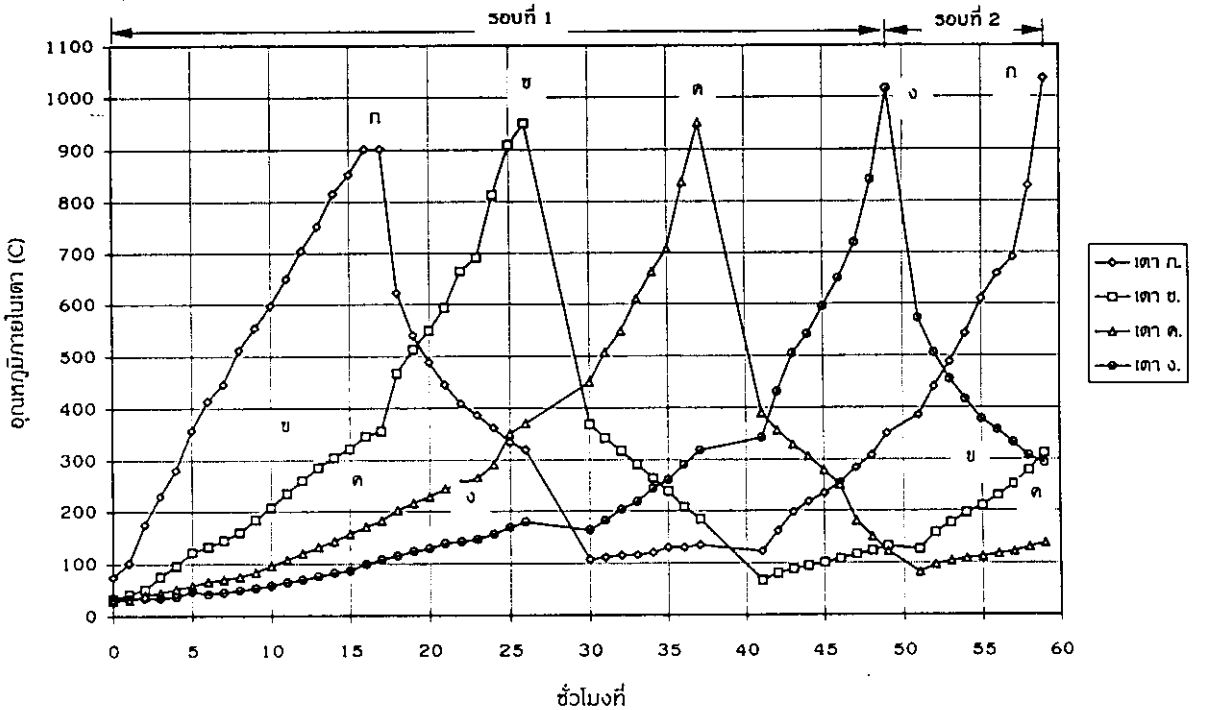
พลังงานจำเพาะรวมทั้งหมดเป็นค่ารวมของพลังงานความร้อนจากไม้ฟืนที่ใช้และพลังงานจากน้ำมันดีเซลที่เครื่องยนต์ใช้ในการขับพัดลมดูดต่อน้ำหนักอิฐสุกที่ได้ พลังงานจากน้ำมันดีเซลที่ใช้ เป็นส่วนเพิ่มเพียง 7% ของค่าพลังงานจากไม้ฟืน ซึ่งถือว่ามีค่าน้อยมาก เมื่อพิจารณาพลังงานจำเพาะรวมของการเผาอิฐเตา ข. รอบแรกถึงเตา ค. รอบที่ 2 จะได้ค่าพลังงานจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 2.218 MJ/kg เป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานต้นแบบ (ความจุ 2200 ก้อน/เตา) คือ 2.71 MJ/kg [10] ทั้งนี้หากมีการควบคุมอุณหภูมิเผาในเตาให้เป็นไปตามรูปที่ 34 คาดว่าจะสามารถลดค่าพลังงานจำเพาะลงได้อีก

13.2 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานครั้งที่ 2

การทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานครั้งที่ 2 ได้ทดลองเผาเพียง 5 เตา (เนื่องจากรถขุดดินและรถยกของทางโรงงานเสีย ทำให้ไม่สามารถผลิตอิฐดิบได้) ในการทดสอบเผาอิฐได้อิฐสุกประมาณ 6,000 ก้อน คุณภาพของอิฐสุกดีกว่าการทดสอบเผาในครั้งที่ 1 ไม่ว่าจะเป็นลักษณะของสีอิฐภายนอก การแตกร้าวที่น้อยลงแต่ยังคงมีอยู่บ้าง อย่างไรก็ตามการควบคุมอุณหภูมิเผาในเตา ก. ซึ่งเป็นเตาแรกของการเผายังคงทำได้ยาก จะเห็นได้จากรูปที่ 39 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิในช่วงแรกของการเผาค่อนข้างสูงโดยเพิ่มจาก 70°C ไปเป็น 360°C ภายในเวลา 5 ชั่วโมง ทั้งที่ช่วงเริ่มต้นของการเผาควรเป็นการไล่น้ำจากอิฐดิบ และอุณหภูมิเผาสูงสุดที่ทำขึ้นไปได้อยู่ที่ 900°C จะสังเกตได้ว่าในการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 1 และ 2 การเผาอิฐในเตาแรกไม่สามารถเพิ่มอุณหภูมิเผาให้สูงตามที่ต้องการได้เนื่องจากปริมาณความร้อนส่วนใหญ่จะสะสมในโครงสร้างเตาและถ่ายเทสู่อิฐซึ่งยังรับความร้อนได้อีกมาก

พิจารณาอุณหภูมิภายในเตา ข. ในรูปที่ 39 จะเห็นว่าอุณหภูมิภายในเตาก่อนเริ่มเผาเตา ข. (360°C) สูงกว่ากรณีการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 1 ที่ผ่านมา (240°C) ทั้งนี้เนื่องจากได้ปรับปรุงแก้ไขเตาโดยซีลรอยรั่วอากาศของเตาและเพิ่มความเร็วรอบของพัดลมดูดอากาศโดยการปรับอัตราทดของ

มู่เลย์ตัวขับและตัวตาม (เดิม 2200 rpm เป็น 2800 rpm) อัตราการไหลของอากาศขณะเผาประมาณ 1200-1500 kg/h จากผลการปรับปรุงดังกล่าว

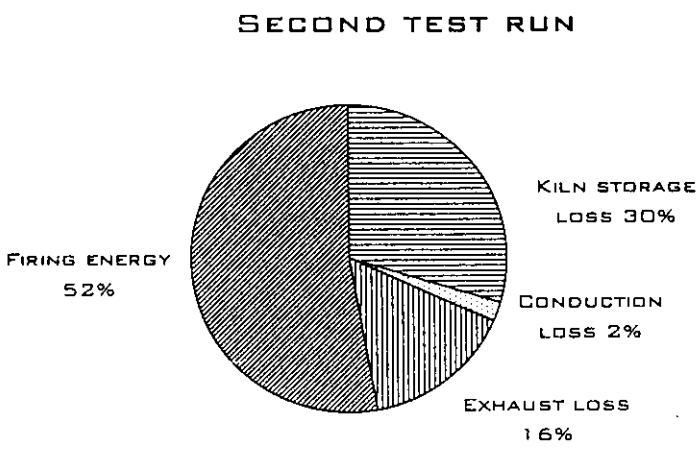


รูปที่ 39 แสดงอุณหภูมิภายในเตาเผาอิฐกับเวลาสำหรับการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 2

ยังส่งผลให้สามารถเพิ่มอุณหภูมิเผาได้สูงขึ้นโดยสามารถเผาได้ที่ 1020°C ในเตา ง. และ 1050°C ในเตา ก.รอบที่ 2 จากรูปที่ 39 จะเห็นว่าเมื่อเผาอิฐเตา ข. เสร็จ (อุณหภูมิเผา 960°C) อุณหภูมิในเตา ก. มีค่าประมาณ 320°C ซึ่งเตา ค. ยังไม่สามารถเผาได้อย่างต่อเนื่องทันที เนื่องจากอุณหภูมิก๊าซไอเสียที่ออกจากเตา ง. จะมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงทำให้ท่ออากาศที่ทำด้วยเหล็กเสียหายได้ จากรูปที่ 39 ชั่วโมงที่ 25 เตา ค. ยังไม่สามารถเผาได้จำเป็นต้องรอให้อิฐในเตา ก. เย็นลงพอที่จะนำออกจากเตาได้ (60°C) โดยยังคงเดินพัดลมดูดอากาศผ่านเตา ก. เพียงเตาเดียวจะใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมงนับจากชั่วโมงที่ 25 จากกราฟในรูปที่ 38 จะเห็นว่าข้อมูลส่วนนี้หายไป

จากตารางที่ 5 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเผาอิฐเตา ข. ถึง เตา ก. รอบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.75 ชั่วโมง อัตราการใช้ไม้ฟืนเท่ากับ 29 kg/h แม้ว่ายังใช้เวลาในการเผานานกว่าที่ควรเป็นคือ ประมาณ 6 ชั่วโมง แต่เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นเผาในเตาที่ผ่านการอุ่นอิฐยังไม่สูงนัก (ประมาณ 360°C) แต่อัตราการใช้เชื้อเพลิงสูงขึ้นซึ่งเป็นแนวโน้มที่ควรจะเป็น ทั้งนี้เปรียบเทียบกับเตาเผาอิฐต้นแบบขนาดความจุ 2200 ก้อน/เตา มีอัตราการใช้ไม้ฟืนเฉลี่ย 65 kg/h สามารถเผาได้อุณหภูมิสูงสุด 950°C อัตราการใช้ไม้ฟืนที่เพิ่มขึ้นจากการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานครั้งที่ 2 นี้เนื่องจากอัตราการไหลของอากาศสันดาปเพิ่มขึ้น แม้จะเผาได้ที่อุณหภูมิสูงขึ้นแต่พลังงานความร้อนสูญเสียไปกับก๊าซไอเสียก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน

พลังงานความร้อนที่สูญเสียในแต่ละกรณียังคงมีแนวโน้มเหมือนกับการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 1 คือ พลังงานความร้อนที่สูญเสียโดยการสะสมในโครงสร้างเตาจะมีสัดส่วนสูงสุด โดยปริมาณความร้อนสะสมที่มากที่สุดจะอยู่ที่เตาแรกของการเผารอบแรก และพลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังเตาจะมีสัดส่วนต่ำสุดที่เตาแรกของการเผาอิฐรอบแรกเช่นกันดังแสดงในรูปที่ 40 พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทสู่อิฐโดยเฉลี่ยคิดเป็นสัดส่วน 50% ของพลังงานจากไม้ฟืนที่ป้อนให้ทั้งหมด ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเทียบกับเตาเผาอิฐแบบดั้งเดิมอื่นๆ ซึ่งจะมีปริมาณพลังงานความร้อนที่สูญเสียค่อนข้างสูง ทำให้ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้เผาอิฐสูงไปด้วย ดังเช่นในเตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยม



รูปที่ 40 แสดงสัดส่วนพลังงานความร้อนที่ใช้และสูญเสียในเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน

ค่าพลังงานจำเพาะเฉลี่ยของการเผาอิฐเตา ข. ถึงเตา ก. รอบที่ 2 มีค่า 2.384 MJ/kg มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 2 มีอัตราการใช้ไม้ฟืนที่สูงกว่าและมีพลังงานความร้อนสูญเสียไปกับก๊าซไอเสียสูงกว่า แต่หากสามารถควบคุมอุณหภูมิในการเผาได้ดังรูปที่34 และลดเวลาในการเผาลงได้จะทำให้ค่าพลังงานจำเพาะลดลงอีก ซึ่งหมายถึงประหยัดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นและได้ผลผลิตมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบพลังงานอย่างอื่นที่เตาเผาอิฐต้องใช้ คือพลังงานจากน้ำมันดีเซลกับพลังงานไฟฟ้า พบว่าการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วน 1.9% ของพลังงานรวมทั้งหมด ซึ่งน้อยกว่าการใช้พลังงานจากน้ำมันดีเซลเพื่อใช้เครื่องยนต์ขับพัดลมดูด (7% ของพลังงานรวม) อย่างไรก็ตามพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ได้จากการเปลี่ยนรูปพลังงานของเชื้อเพลิงต่างๆ ดังนั้นการเปรียบเทียบจึงต้องพิจารณาในแง่ค่าใช้จ่ายและความสะดวกในการใช้งาน จากการทดสอบเตาเผาอิฐพบว่าใช้น้ำมันดีเซล 7 ลิตรต่อการเผาอิฐ 1 เตา คิดเป็นเงิน 63.42 บาท (ราคาน้ำมันดีเซลช่วงทดสอบ

เตาเผาอิฐเท่ากับ 9.06 บาท/ลิตร) ถ้าใช้พลังงานไฟฟ้าจะใช้ 22 kWh คิดเป็นเงิน 41.14 บาท (ค่าไฟฟ้า 1.87 บาท/หน่วย) จะเห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจะประหยัดกว่าการใช้น้ำมันดีเซลถึง 22.28 บาท ดังนั้นควรใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับพัดลมดูดและอาจมีเครื่องยนต์ดีเซลไว้สำรองขณะไฟฟ้าดับ

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์พลังงานในการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานครั้งที่ 2

เตาที่เผา	เวลาที่ใช้ (hr)	ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ (kg)	อัตราการใช้ไม้ฟืน (kg/hr)	พลังงานจากไม้ฟืนที่ใช้ (MJ)	พลังงานจำเพาะ (MJ/kg)	ความร้อนสะสมในเตา (MJ)	คิดเป็นสัดส่วน (%)	ความร้อนสูญเสียผ่านผนังเตา (MJ)	คิดเป็นสัดส่วน (%)	ความร้อนสูญเสียไปกับไอเสีย (MJ)	คิดเป็นสัดส่วน (%)	ความร้อนที่ถ่ายเทสู่อิฐ (MJ)	คิดเป็นสัดส่วน (%)	พลังงานอื่นๆที่ใช้		พลังงานจำเพาะรวมทั้งหมด (MJ/kg)
														น้ำมันดีเซล (MJ)	ไฟฟ้า (MJ)	
ก	17.1	483	28.33	7466.697	5.059	1950.17	26.1	49.476	0.7	718.799	9.6	4748.252	63.6	-	140	5.154
ข	8.53	239	28.02	3694.701	2.504	986.734	26.7	84.685	2.3	1083.83	29.3	1539.452	41.7	-	70.2	2.55
ค	6.5	220	33.85	3400.98	2.304	933.526	27.4	82.047	2.4	647.729	19.0	1737.678	51.1	-	53.5	2.34
ง	8.53	235	27.55	3632.865	2.461	1240.627	34.2	81.364	2.2	289.881	8.0	2020.993	55.6	-	70.2	2.509
ก	7.51	200	26.63	3091.8	2.095	1211.05	39.2	92.093	3.0	597.536	19.3	1191.121	38.5	-	61.8	2.136

พลังงานจำเพาะคำนวณจาก ค่าความร้อนของไม้ฟืน (ไม้ยางพารา) เท่ากับ 15.459 MJ/kg ที่ความชื้นเฉลี่ย 15.9% (ฐานแห้ง)

13.3 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานครั้งที่ 3

การทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 3 ได้ทดลองเผาอิฐทั้งหมด 9 เตา ต่อเนื่องกันและได้ทดลองใช้ขี้เลื่อยในการเผาด้วย สัดส่วนการใช้พลังงาน พลังงานสูญเสีย และเวลาที่ใช้ในการเผายังคงใกล้เคียงกับการทดสอบ 2 ครั้งแรก จากตารางที่ 6 พลังงานเจาะเพาะจากไม้ฟืนและขี้เลื่อย (เฉลี่ยเตา ค ถึง ช) เท่ากับ 2.415 MJ/kg แม้ว่าค่าที่ได้จะสูงกว่าการทดสอบในครั้งที่ 1 และ 2 เล็กน้อย แต่ค่าที่ได้ยังต่ำกว่าเตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยมที่ใช้โดยทั่วไปมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการควบคุมอุณหภูมิในการเผา และการป้อนไม้ฟืน ซึ่งในการทดสอบเตาครั้งที่ 3 นี้ ได้เริ่มให้คนงานของโรงอิฐที่ไปดำเนินโครงการร่วมฝึกการเผาและควบคุมเตาด้วย จึงยังขาดประสบการณ์ในการเผา จากตารางที่ 6 จะสังเกตุเห็นว่าการเผาอิฐในเตา ค รอบแรก พลังงานจำเพาะค่อนข้างต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นในเตา ค ก่อนเผาค่อนข้างสูง จึงใช้ไม้ฟืนที่ใช้เพื่อยกระดับอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย (10 กก.) จึงเริ่มป้อนขี้เลื่อยจนสิ้นสุดการเผา ส่วนในเตา ง และเตา ก ของการเผาถัดไปจะใช้พลังงานจำเพาะสูงกว่าเนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นในเตาค่อนข้างต่ำ จะเห็นว่าต้องใช้ไม้ฟืนเริ่มต้นในปริมาณมากกว่าเตา ค ซึ่งจากการทดสอบเตาเผาอิฐพบว่าควรเริ่มต้นป้อนขี้เลื่อยเฉพาะช่วงท้ายของการเผา คือเมื่ออุณหภูมิในเตาสูงกว่า 500°C หรืออาจใช้ขี้เลื่อยในช่วงการคงอุณหภูมิสุดท้าย 800°C - 1000°C เนื่องจากการป้อนขี้เลื่อยในช่วงแรกจะไม่สามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในเตาให้สูงขึ้นได้ตามช่วงเวลาที่ต้องการ (ดากราฟรูปที่ 34) อุณหภูมิภายในเตายังคงต่ำอยู่ ควรใช้ไม้ฟืนเป็นตัวเร่ง หากป้อนขี้เลื่อยในปริมาณมากเกินไป (มากกว่า 25 kg/h) ขี้เลื่อยจะเผาไหม้ไม่หมดและตกค้างอยู่บริเวณช่องขี้เถ้าใต้ตะแกรงฟืน และหากขี้เลื่อยมีความชื้นสูงการควบคุมอุณหภูมิภายในเตาจะทำได้ยาก

จากการทดสอบเตาเผาอิฐทั้ง 3 ครั้งเมื่อเผาต่อเนื่องกัน เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเผาประมาณ 8.5 ชม. ซึ่งคิดเทียบเป็นผลผลิตที่ได้ต่ำสุดต่อเดือนประมาณ 50,000 ก้อน เทียบเท่ากับเตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยมขนาดกลาง เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่าย พบว่าสามารถประหยัดไม้ฟืนลง คิดเป็นเงินประมาณ 4000 บาท/เดือน ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ดูได้จากภาคผนวก ผ.3 สำหรับผลการทดสอบเตาเผาอิฐอย่างต่อเนื่องโดยผู้ประกอบการแสดงในภาคผนวก 4 พบว่าได้ค่าพลังงานจำเพาะใกล้เคียงกันในช่วงการเผาที่อุณหภูมิ 900°C-1000°C สำหรับค่าพลังงานจำเพาะในการเผาอิฐบางเตาที่สูงกว่านี้ (3-4 MJ/kg) เกิดขึ้นเนื่องจากการป้อนไม้ฟืนต่อหลังจากอุณหภูมิในเตาถึงช่วงอุณหภูมิดังกล่าวแล้ว ซึ่งไม่มีความจำเป็นและเป็นการสิ้นเปลือง

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานครั้งที่ 3

เตา	เวลา (h)	ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ (kg)	ปริมาณขี้เลื่อยที่ใช้ (kg)	พลังงานจากไม้และขี้เลื่อยที่ใช้ (MJ)	พลังงานจำเพาะ (MJ/kg)	พลังงานจากน้ำมันดีเซล (MJ)	พลังงานจำเพาะรวม (MJ/kg)
ข	21	303.0	-	4813.094	3.557	688.338	4.066
ค	7	10.0	157.50	2447.638	1.809	229.446	1.979
ง	8	35.0	192.04	3346.693	2.474	262.224	2.667
ก	8	141.0	72.85	3298.413	2.438	262.224	2.632
ข	8	228.0	-	3621.734	2.677	262.224	2.871
ค	8	207.0	-	3288.154	2.430	262.224	2.624
ง	8	205.0	-	3256.384	2.407	262.224	2.601
ก	8	233.0	-	3701.158	2.736	262.224	2.929
ข	8	200.0	-	3176.960	2.348	262.224	2.542

พลังงานจำเพาะคำนวณจากค่าความร้อนของไม้ฟืนเท่ากับ 15.885 MJ/kg(rubber wood)ที่ความชื้น 15.38%(ฐานแห้ง)

ค่าความร้อนของขี้เลื่อยไม้ยางพารา เท่ากับ 14.532 MJ/kg ที่ความชื้น 20.34% (ฐานแห้ง)