การศึกษาและออกแบบเตาเผาขยะห้องเผาไหม้ 2 ห้องขนาดเล็ก โดยใช้แผ่นเหล็กกล้าเป็นผนังกั้นห้อง

STUDY AND DESIGN OF THE SMALL DOUBLE CHAMBER WASTE INCINERATOR USING STEEL PLATES AS ROOM PARTITIONS

ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน
อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย
199 ม. 6 ต.ป่าอ้อดอนชัย อ. เมือง จ.เชียงราย 57000, pakdee.me@gmail.com

Pakdee Sittiritkawin
Lecture, Department of Mechanical engineering, Faculty of engineering, Chiangrai college
199 Moo 6 Paoordonchai Subdistric, Muang, Chiangrai, Thailand 57000,
pakdee.me@gmail.com.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการทำวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเตาเผาขยะที่มีห้องเผาไหม้สองห้อง โดยใช้แผ่นเหล็กกล้าเป็นผนังกั้นระหว่างห้องเผาไหม้ทั้งสองและเพื่อประเมินสมรรถนะของเตาเผาขยะในแง่ของประสิทธิภาพการเผาไหม้ อัตราการป้อนขยะและค่ามลพิษของไอเสีย โดยมีวิธีการศึกษาเก็บข้อมูลปริมาณขยะแล้วนำข้อมูลมาออกแบบและสร้างเตา จากนั้นจึงทำการทดสอบเผาขยะในอัตราส่วนขยะเปียกและขยะแห้งโดยน้ำหนักระหว่าง 0:100 – 60:40 ใช้อัตราการป้อนขยะ 50 kg/h ผลจากการวิจัยพบว่าสามารถใช้เผาขยะที่มีอัตราส่วนได้ไม่เกิน 50:50 และสามารถป้อนขยะได้สูงสุดในอัตรา 42 kg/h โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพเตาสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 98.5 และยังพบว่าการใช้เหล็กกล้าเป็นวัสดุทำเป็นผนังกั้นสามารถช่วยลดค่ามลพิษทางอากาศให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมได้โดยมีปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) จะมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 44 ppm ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) มีค่า 135 ppm และค่าความทึบแสง (Opacity) ที่ 17 % แต่ถ้ามีการเพิ่มขยะเปียกไปเป็นร้อยละ 60 ของขยะทั้งหมดจะทำให้ค่ามลพิษทางอากาศเกินมาตรฐาน

คำสำคัญ: เตาเผาขยะ, ห้องเผาไหม้, เหล็กกล้า

ABSTRACT

The purpose of the study is to design and build waste incinerators with a double combustion chamber by using a steel plate as a wall between the two combustion chambers, then evaluate their performance in terms of combustion efficiency, waste feed rate, and exhaust pollution value, by a method of studying and collecting waste data and then using it to design and build the incinerators. Then do a test of burning waste with a ratio of wet waste to dry waste by weight between 0:100 to 60:40 and a waste feed rate of 50 kg/h. The results of the study found that they can be used to burn waste with a ratio not exceeding 50:50 and can feed waste at a maximum rate of 42 kg/h. Considering that the incinerator's efficiency is as high as 98.5%, In addition, It was also found that using steel as a material for partition walls can help reduce air pollution levels to within control standards by the amount of carbon monoxide (CO) gas having a minimum value of 44 ppm, oxides of nitrogen (NO_x) having the value of 135 ppm, and the opacity value of 17%. However, adding wet waste to 60% of the total waste will cause the air pollution levels to exceed the standard.

KEYWORDS: incinerator, combustion chamber, steel

1. บทนำ

การจัดการกับขยะเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญที่ต้องช่วยกันแก้ปัญหาโดยเฉพาะสังคมขนาดเล็กที่มีความต้องการในการรับมือกับขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ของตนเอง การกำจัดขยะด้วยวิธีการเผาเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากสะดวกและรวดเร็วใช้พื้นที่น้อยประหยัดงบประมาณโดยเฉพาะหน่วยงานระดับท้องถิ่นหลายแห่งใช้เตาเผาขยะเพื่อกำจัดขยะในพื้นที่ต้องตนเอง แต่ก็พบว่าบางชุมชนต้องกำจัดขยะด้วยตนเองด้วยวิธีการเผาซึ่งก็พบปัญหาเตาเผาขยะเหล่านั้นสร้างมลพิษทางอากาศขึ้นมาอีกครั้ง จากการศึกษาข้อมูลที่ผ่านมาพบว่ามีงานวิจัยที่ศึกษาการออกแบบเตาเผาขยะขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดขยะและสามารถควบคุมมลพิษได้ดี ซึ่งการกำจัดมลพิษจากเตาเผาสามารถทำได้หลากหลายวิธีเช่นการออกแบบระบบควบคุมมลพิษไอเสียจากเตาเผาขยะด้วยหอพ่นน้ำโดยอาศัยหยดน้ำที่ถูกพ่นออกมาจับตัวกับอนุภาคฝุ่นและก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ อย่างเช่นงานวิจัยของ Sittiritkawin et al [1] ได้พัฒนาเตาเผาขยะขนาดเล็กโดยใช้ถังเหล็กขนาด 200 ลิตร ร่วมกับหอพ่นน้ำเพื่อใช้กำจัดขยะในชุมชน พบว่าสามารถลดค่ามลพิษทางอากาศให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ และยังพบว่า Olisa et al [2] ออกแบบและสร้างเตาเผาขยะที่เสริมอุปกรณ์เป็นชั้นตะแกรงเหล็กที่อยู่ในเตาเผาเพื่อเพิ่มระยะเวลารอคอย

ให้ขยะขณะอยู่ในเตาทำให้ความร้อนในเตาช่วยทำให้ขยะแห้งมากขึ้นก่อนจะเผาไหม้ซึ่งวิธีนี้ช่วยลดค่ามลพิษทางอากาศได้เช่นกัน

นอกจากนั้นในการออกแบบห้องเผาไหม้ที่มีการควบคุมไหลของไอเสียเพื่อที่จะชะลอความเร็วของก๊าซร้อนให้ไหลช้าลงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ซ้ำแต่ต้องมีอุณหภูมิสูงเพียงพอในการเผาไหม้ก๊าซติดไฟที่อุณหภูมิประมาณ 650 °C ซึ่งก๊าซติดไฟส่วนใหญ่ประกอบด้วย CO, H_2 และ CH_4 อย่างเช่นงานวิจัยของ Sukchana [3] ได้ศึกษาทดสอบสมรรถนะของเตาเผาขยะขนาดเล็กแบบไอเสียวกกลับภายในห้องเผาไหม้ก่อนออกไปทางปล่องควันโดยมีรังผึ้งสะสมความร้อนภายในปล่องควันเพื่อช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและสามารถทำให้มลพิษ CO, NO ลดลง มีสมรรถนะในการเผาขยะได้ในอัตรา 50 kg/h ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเผาไหมเฉลี่ยประมาณร้อยละ 99 และยังพบว่า Damrongsak et al [4] ได้พัฒนาเตาเผาขยะชุมชนที่ออกแบบให้ควันหรือไอเสียที่ยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ในห้องเผาไหม้ไหลย้อนลงมาด้านล่างเพื่อเผาซ้ำอีกครั้งหนึ่งซึ่งก็พบว่ามีประสิทธิภาพการเผาทำลายสูงโดยมีประสิทธิภาพการเผาลายสูงสุดที่ร้อยละ 94.5 และช่วยลดอนุภาคขนาดเล็กลงได้

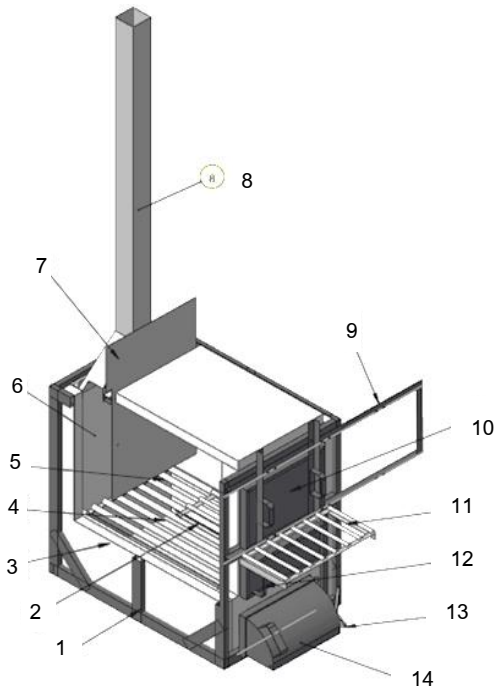
จากแนวทางการควบคุมไหลของไอเสียของเตาเผาขยะให้ช้าลงเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ซ้ำได้นั้นยังสามารถทำได้ด้วยการใช้ห้องเผาไหม้แบบสองห้อง ซึ่งก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยควบคุมมลพิษได้อย่างเช่น Chongrungreong [5] มีการศึกษาวิจัยการเผาไหม้เตาเผาขยะห้องเผาไหม้เดี่ยวและสองห้องเผาไหม้ที่ออกแบบเป็นแบบผนังก่ออิฐที่ไม่มีการใช้หัวเผาเข้ามาช่วย ซึ่งพบว่าเตาสองห้องเผาไหม้ให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอไซค์และอนุภาคขนาดเล็กน้อยกว่าเตาเผาแบบห้องเดี่ยว Achawangkul et al [6] ศึกษาเตาเผาขยะสองห้องที่ใช้สำหรับผลิตแก๊สชีวมวลโดยการติดตั้งชุดหัวเผาช่วยในห้องเตาไหม้ที่สอง เพื่อให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงต่อเนื่องเกิดการเผาไหม้ซ้ำ ในส่วนงานของ Obuka and Ozioko [7] มีการศึกษาออกแบบและการประเมินเตาเผาขยะแบบมีสองห้องเพื่อลดการปล่อยมลพิษโดยแต่ละห้องมีหัวเผาและระบบจ่ายอากาศเสริม ทำให้ห้องเผาไหม้ที่สองทำงานที่อุณหภูมิอย่างน้อย 1,100 °C และยังช่วยเพิ่มเวลาให้ก๊าซไอเสียอยู่ในเตาได้นานขึ้น (Residence time) ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงขึ้น

จากข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการออกแบบเตาเผาขยะแบบสองห้องเผาไหม้จะช่วยลดมลพิษจากการเผาไหม้ได้ แต่ก็พบว่าห้องเผาที่สองยังคงต้องใช้หัวเผาเสริมเพื่อช่วยให้อุณหภูมิในส่วนนี้มีค่าที่สูงเพียงพอต่อการเผาไหม้ก๊าซที่ติดไฟได้ซ้ำ แต่การใช้หัวเผาเสริมในห้องเผาไหม้ที่สองอาจไม่สะดวกกับการใช้งานในระดับชุมชนเพราะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มในส่วนของเชื้อเพลิงก๊าซ LPG ฉะนั้นถ้าเราใช้ผนังกั้นห้องเผาไหม้ที่สองด้วยแผ่นเหล็กกล้าเพื่อให้สามารถส่งผ่านความร้อนจากห้องเผาไหม้ที่หนึ่งที่มีอุณหภูมิสูงไปยังห้องเผาไหม้ที่สองได้และเกิดการเผาไหม้ซ้ำ ซึ่งจะช่วยลดมลพิษให้ต่ำลงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่จะช่วยให้ชุมชนสามารถจัดการกับขยะอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อศึกษาออกแบบและสร้างเตาเผาขยะที่มีห้องเผา

ไหม้สองห้องที่ใช้แผ่นเหล็กกล้าเป็นผนังกั้นระหว่างห้องและศึกษาผลที่เกิดจากเตาเผาขยะที่มีห้องเผาไหม้สองห้อง โดยมีการประเมินสมรรถนะของเตาเผาในแง่ของ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ อัตราการป้อนขยะ ค่ามลพิษของไอเสีย

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

ในการคำนวณหาขนาดเตาเผาขยะที่เหมาะสมกับปริมาณขยะต่อวันที่มีอยู่ในชุมชน โดยเตาเผาจะอาศัยหลักการเผาไหม้ขยะภายในเตาด้วยตัวเองไม่ใช้หัวเผาและพัดลมช่วยในการเผาไหม้ แต่จะอาศัยหลักการปรากฏการณ์ปล่องควัน (Chimney effect) ห้องเผาไหม้ในเตาเผาแยกเป็น 2 ส่วน คือ ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง เป็นห้องเผาไหม้ขยะหลักส่วนห้องเผาไหม้ที่สองเป็นห้องเผาไหม้รอง แสดงดังรูปที่ 1 แสดงส่วนต่างๆของเตาเผาประกอบไปด้วย 1) โครงสร้างเตา 2) ตะแกรง 3) ผนังเตา 4) ตะแกรงกรองขี้เถ้า 5) ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง 6) ห้องเผ้าไหม้ที่สอง 7) แผ่นกั้นเหล็กกล้าห้องเผาไหม้ที่สอง 8) ปล่องควัน 9) รางเลื่อนประตู 10) ประตูบานเลื่อนและช่องเติมขยะ 11) ตะแกรงพักขยะ 12) ประตูช่องเกลี่ยขยะ 13) ประตูช่องลมหลักและช่องเขี่ยขี้เถ้า 14) ช่องปรับปริมาณอากาศ



รูปที่ 1 ลักษณะของเตาเผาขยะแบบห้องเผาไหม้สองห้อง

2.1 การออกแบบส่วนประกอบของเตาเผาขยะ

1) ขนาดของห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง คำนวณจากสมการ

$$V_1 = \frac{Q_{net}}{Q_0} \quad (1)$$

เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง, (m^3)

Q_0 คือ อัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนในเตาเผามีค่า 550 MJ/(m^3.h) [8]

Q_{net} คือ ปริมาณความร้อนสุทธิที่ใช้ออกแบบสร้างเตาเผา, MJ/h

$$Q_{net} = Q_{total} - Q_{loss} \quad (2)$$

$$Q_{total} = \dot{m} HV_{ขยะ} \quad (3)$$

เมื่อ Q_{total} คือ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดจากการเผาไหม้ , MJ/h

$\dot{m}$ คือ อัตราการป้อนขยะ, kg/h

$HV_{ขยะ}$ คือ ค่าความร้อนของขยะ, MJ/kg

ในการคำนวณปริมาณความร้อนที่สูญเสีย (Q_{loss}) จะประกอบไปด้วย ปริมาณความร้อนที่สูญเสียในการระเหยน้ำหรือความชื้นในขยะ (Q_{H_2O}) ปริมาณความร้อนที่สูญเสียในการระเหยน้ำจากการเผาไฮโดรเจน (Q_{H_2}) และ ปริมาณความร้อนที่สูญเสียในการแผ่รังสีอื่นๆ (Q_R) คิดเป็นร้อยละ 20 ของความร้อนทั้งหมดที่เกิดจากการเผาไหม้ (Q_{total}) [9] มีสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้

$$Q_{H_2O} = w\dot{m}h_{fg} \quad (4)$$

เมื่อ w คือ มวลของน้ำในขยะ, kg_{H_2O} / kg_{refuse}

h_{fg} คือ เอนทาลปีของการระเหยน้ำให้เป็นไอที่ 25 °C

$$Q_{H_2} = 9m_{H_2}\dot{m}h_{fg} \quad (5)$$

เมื่อ m_{H_2} คือ มวลของไฮโดรเจนในขยะ, kg_{H_2} / kg_{refuse}

$$Q_R = 0.2Q_{total} \quad (6)$$

2) ตะแกรงของเตาเผาขยะ พื้นที่ของตะแกรงรับขยะในเตา โดยที่คำนวณจากอัตราการป้อนขยะเข้าเตาต่อพื้นที่ตะแกรงรับขยะ (LG), kg/m^2 h [10] คำนวณจากสมการ

$$LG = 10\log(\dot{m}) \quad (7)$$

3) พื้นที่ช่องผ่านก๊าซร้อนจากห้องเผาไหม้ที่หนึ่งไปยังห้องเผาไหม้ที่สอง (A_p) คำนวณได้จากสมการ

$$A_p = \dot{V}_g / v_p \quad (8)$$

เมื่อ $\dot{V}_g$ คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของก๊าซไอเสียกรณีการเผาไหม้สมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 600 °C, m^3/s

v_p คือ ความเร็วของก๊าซไอเสียที่ผ่านช่อง เท่ากับ 17 m/s [10]

4) ขนาดห้องเผาไหม้ที่สอง (V_2), m^3 คำนวณจากสมการ

$$V_2 = A_2 h_c \quad (9)$$

$$A_2 = \dot{V}_g / v_2 \quad (10)$$

เมื่อ V_2 คือ ปริมาตรห้องเผาไหม้ที่สอง, m^3

v_2 คือ ความเร็วของก๊าซไอเสียที่ที่ใช้การออกแบบเท่ากับ 2 m/s [10]

h_c คือ ความสูงของเตาเผาขยะ, m

A_2 คือ พื้นที่หน้าตัดห้องเผาไหม้, m^2

5) ความสูงของปล่องไอเสีย (h) สำหรับนำไอเสียออกจากห้องเผาไหม้ที่สอง [11]

$$h = \frac{T_a T_g \rho_w D_t}{464.5 P_b \left(T_g - T_a\right)} \quad (11)$$

เมื่อ T_a คือ อุณหภูมิภายนอกเตา, K

T_g คือ อุณหภูมิก๊าซไอเสียก่อนออกจากปล่อง, K

ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ, kg/m^3

D_t คือ กระแสลมเร่งตามธรรมชาติ 3 – 6 mm_{H_2O} เลือกใช้เท่ากับ 3.5 mm_{H_2O} [12]

P_b คือ ความดันบรรยากาศภายนอก 760 mm_{H_2O}

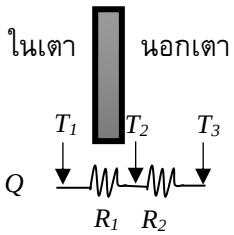
6) พื้นที่หน้าตัดของปล่องไอเสีย (A_g), m^2 คำนวณได้จากสมการ

$$A_g = \dot{V}_g / v_g \tag{12}$$

เมื่อ v_g คือ ความเร็วของก๊าซไอเสียขณะอยู่ในปล่องไอเสียที่ใช้การออกแบบเท่ากับ 10 m/s [10]

7) การออกแบบผนังเตาเผาขยะ

การคำนวณหาความหนาของผนังเตาเพื่อลดการสูญเสียความร้อนและปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน จำเป็นต้องทราบความต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเตาแสดงดังรูปที่ 2 โดยเลือกอิฐทนไฟที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่มีขนาดมาตรฐาน อิฐทนไฟ ยี่ห้อ SK-36 ST-76 ขนาด (กว้างxยาวx สูง) 115 x 230 x 75 mm โดยที่ความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณผิวผนังเตาด้านนอกเป็นการสูญเสียความร้อนจากภายในเตาในรูปแบบการพาความร้อนของอากาศแบบอิสระและการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งถ้าสามารถลดการสูญเสียความร้อนได้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้ดี ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวผนังเตาด้านนอกกับอากาศรอบ ๆ (h_0) โดยทั่วไปประมาณ 30 w/m^2.K [13] ซึ่งมีสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้



รูปที่ 2 วงจรการถ่ายความร้อนระหว่างผนังภายในกับภายนอกเตาเผาขยะ

$$R_{tot} = R_1 + R_2 = \frac{L}{k} + \frac{1}{h_0} \tag{13}$$

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_1 - T_3}{R_{tot}} \quad (14)$$

เมื่อ R_{tot} คือ ค่าความต้านทานรวมของผนังเตาเผาขยะ

R_1 คือ ค่าความต้านทานของผนังเตาเผาขยะ

R_2 คือ ค่าความต้านทานของผนังเตาเผาขยะ

L คือ ความหนาผนังเตาอิฐทนไฟหนา 115 mm

k คือ ค่าการนำความร้อนของอิฐทนไฟยี่ห้อ SK-36 รุ่น ST-76 มีค่า 0.24 w/m.K

h_0 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอากาศแบบอิสระ

T_1 คือ อุณหภูมิผิวผนังภายในเตาเผามีค่า 800 °C

T_2 คือ อุณหภูมิผิวด้านนอกเตาเผา, °C

T_3 คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมด้านนอกเตาเผามีค่า 30 °C

8) การคำนวณหาอัตราส่วนการเผาไหม้ที่เหมาะสม

ในการออกแบบเตาเผาขยะต้องคำนึงถึงปริมาณการป้อนขยะในแต่ละครั้งให้สัมพันธ์กับการเผาไหม้ในเตาเผาเพื่อให้รักษาระดับอุณหภูมิในเตา ให้สามารถเผาไหม้ด้วยตนเองได้และมีพื้นที่ว่างในเตาเพียงพอเพื่อให้อากาศสามารถเข้าไปเผาไหม้ได้อย่างสะดวกซึ่งห้องเผาไหม้มีปริมาตร (V_1) = 1.65 m^3 ที่ได้จากคำนวณในสมการที่ 1 กำหนดอัตราการเผาไหม้สูงสุดไม่เกิน 50 kg/h ปริมาณความจุขยะที่สามารถใส่ได้เพื่อการเผาในแต่ละครั้งไม่ควรเกินครึ่งของปริมาตรเพื่อเหลือพื้นที่อากาศสำหรับใช้ในการเผาไหม้ ดังนั้นเมื่อคำนวณแล้วได้น้ำหนักขยะที่สามารถเผาได้สูงสุดไม่เกิน 10 kg ต่อ 1 ครั้ง การคำนวณปริมาณอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเผาไหม้ขยะ 10 kg จากสมการอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (ขยะ) [14]

$$AFR_T = \left(11.44X_C + 34.32X_H + 4.29X_S - 4.29X_O\right)\left(1 - X_M - X_A\right) \quad (15)$$

เมื่อ AFR_T คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (ขยะ) ทางทฤษฎี โดยมวล

X_C คือ สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในขยะ

X_H คือ สัดส่วนโดยมวลของไฮโดรเจนในขยะ

X_S คือ สัดส่วนโดยมวลของซัลเฟอร์ในขยะ

X_O คือ สัดส่วนโดยมวลของออกซิเจนในขยะ

X_M คือ สัดส่วนโดยมวลของความชื้นในขยะ

X_A คือ สัดส่วนโดยมวลของเถ้าในขยะ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี (%) ของขยะมูลฝอยชุมชน [13]

C	H	S	O	M	A
63.2	5.5	0.018	32.4	43.5	8.9

คำนวณขนาดช่องเติมอากาศที่เหมาะสมเพื่อเติมอากาศให้เพียงพอกับการเผาไหม้ขยะในเตาที่คำนวณได้จากสมการที่ (15)

$$AFR_T = \dot{V}/\dot{m} \quad (16)$$

$$A = \dot{V}/v_p \quad (17)$$

เมื่อ $\dot{V}$ คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศป้อน, m^3/h

$\dot{m}$ คือ อัตราการป้อนขยะ, kg/h

A คือ ขนาดช่องเติมอากาศที่เหมาะสม, m^2

v_p คือ ความเร็วของก๊าซไอเสียที่ผ่านช่อง เท่ากับ 6 m/s [9]

9) การหาประสิทธิภาพการเผาขยะ

การคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการกำจัดขยะของเตาเผาขยะ สามารถหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะได้ดังสมการ [9]

$$\eta = 1 - \frac{CO}{CO_2} \quad (18)$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ

CO คือ ปริมาณคาร์บอนมอออกไซด์ (ppm)

CO_2 คือ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1) การจำแนกประเภทและปริมาณของขยะมีขั้นตอนดังนี้ ในการเก็บข้อมูลขยะในชุมชนแล้วชั่งและบันทึกโดยเก็บรวบรวมทั้งหมด 3 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 262 kg/day กำหนดใช้ปริมาณเผาขยะในอัตรา 50 kg/h รวบรวมขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันนำมาเทกองที่ลานคัดแยกขยะของเตาเผาและทำ

การคัดแยกขยะที่เผาไหม้ไม่ได้ออกแบ่งเป็นขยะแห้ง จำพวก กระดาษ ใบไม้ ถุงพลาสติก ฯลฯ และส่วนที่เหลือเป็นขยะเปียกจำพวกเศษอาหาร เปลือกผลไม้ ฯลฯ

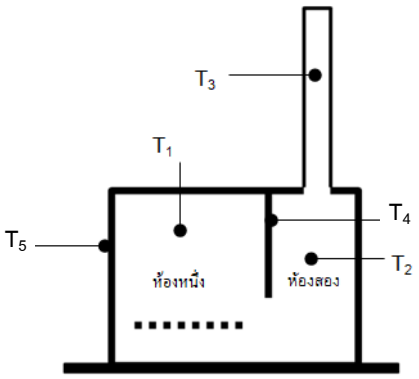
2) การทดสอบเตาเผาขยะโดยการป้อนขยะเพื่อที่จะหาอัตราการเผาไหม้ที่เหมาะสมโดยการจากเก็บขยะเป็นชุด ชุดละ 10 kg ในแต่ละชุดมีอัตราส่วนขยะเปียกต่อขยะแห้งโดยน้ำหนัก 0:100, 20:80, 40:60, 50:50, 60:40 ในระหว่างการป้อนขยะจะควบคุมการป้อนให้เหมาะสมเพื่อให้การเผาไหม้มีอุณหภูมิในเตาสูงเพียงพอไม่ให้เตาเผาดับ ก่อนป้อนขยะชุดแรกจะทำการจุดเตาเผาขยะด้วยขยะแห้งจำพวกใบไม้แห้ง กระดาษ ให้เผามีอุณหภูมิประมาณ 800 – 900 °C เป็นเวลา 20 min เพื่อให้เตาเผาสามารถเผาไหม้ด้วยตัวได้แล้วจึงป้อนขยะชุดแรก จากนั้นทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เก็บค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์

3) การประเมินสมรรถนะเตาเผาขยะ โดยการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ Thermocouple type K ทั้งหมด 5 จุด ได้แก่ ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องเผาไหม้ที่สอง ปล่องระบายไอเสีย ผนังเตาเผาด้านนอก และผนังกั้นห้องแผ่นเหล็กกล้า ติดตั้งเครื่องวิเคราะห์ก๊าซจากการเผาไหม้ (Flue gas analyzer) ที่ปล่องไอเสีย นำข้อมูลวิเคราะห์ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ อัตราการเผาที่เหมาะสม อุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ของเตาเผา ปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาขยะที่ประกอบไปด้วย CO, CO_2, SO_2, NO_x, และความทึบแสงของควัน (Opacity)

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1) เครื่องชั่งสปริงขนาด 150 kg ความละเอียด 0.2 kg

2) เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) Type K รุ่น MT 107 วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ 1600 °C ติดตั้งภายในเตาจำนวน 5 จุด แสดงดังรูปที่ 3 T_1 คือตำแหน่งติดตั้งภายในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง T_2 คือตำแหน่งติดตั้งภายในห้องเผาไหม้ที่สอง T_3 คือตำแหน่งติดตั้งก๊าซร้อนที่ปล่องควัน T_4 คือตำแหน่งติดตั้งผนังกั้นห้องเผาไหม้ T_5 คือตำแหน่งติดตั้งผนังด้านนอกห้องเผาไหม้



รูปที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียในเตาเผาขยะ

3) เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ Testo 425 hot wire ช่วงการวัดความเร็วลม 0.01 – 30 m/s ความละเอียด 0.01 m/s

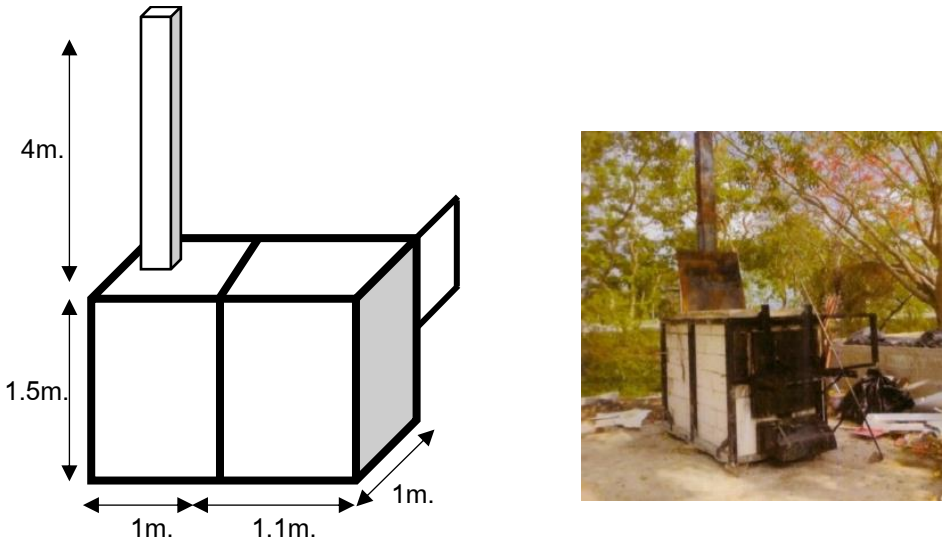
4) เครื่องวิเคราะห์ก๊าซจากการเผาไหม้ (Flue gas analyzer) ยี่ห้อ Testo 330 ใช้วัดองค์ประกอบของก๊าซไอเสียเช่น CO, O_2, CO_2 วัดเป็น ppm ความละเอียด 0.1 ppm

5) เครื่องวัดความทึบแสง (Opacity) ยี่ห้อ Master engineering smoke module 9010 ความละเอียด 0.1% สำหรับการตรวจวัดความทึบแสงสำหรับวัดควันดำ และ ฝุ่นละออง โดยการส่งผ่านของลำแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นแสงเฉพาะผ่านควันหรือฝุ่นละอองเข้าสู่อุปกรณ์รับแสง แล้ววัดค่าความเข้มแสงที่ลดลง เป็นหน่วยร้อยละ (%) โดยบริเวณปล่องควันเตาเผาขยะ

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ส่วนประกอบห้องเผาไหม้ที่ได้จากการออกแบบ

1) ห้องเผาไหม้ที่หนึ่งซึ่งเป็นห้องเผาไหม้หลัก ผนังเผาสร้างจากอิฐทนไฟอิฐทนไฟยี่ห้อ SK-36 รุ่น ST-76 อิฐทนไฟ อลูมิน่าสูง (อลูมิน่า 60% ความทนไฟ เบอร์ 36) ทนต่ออุณหภูมิที่ 1650 ^{o}C จากการกำหนดค่าความร้อนเชื้อเพลิงขยะ (*HV*) มีค่า 18.536 MJ/kg [15] ของขยะ ขนาดภายใน กว้าง 1.0 m ยาว 1.1 m สูง 1.5 m ได้ปริมาตรห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง(V_1) มีค่า 1.65 m^3 และมีขนาดตะแกรงรับขยะ (*LG*) มีค่า 7 kg/m^2 และเมื่อป้อนค่าครั้งละไม่เกิน 10 kg จะทำให้ได้ขนาดพื้นตะแกรงอยู่ที่ 1.2 m^2 แสดงดังรูปที่ 4



(ก) (ข)

รูปที่ 4 เตาเผาขยะที่ได้จากการออกแบบ (ก) ขนาดเตาขยะ (ข) เตาเผาขยะสำเร็จ

2) พื้นที่ช่องผ่านก๊าซร้อน (A_p) มีขนาดความกว้าง 1.0 m สูง 0.2 m

3) ขนาดห้องเผาไหม้ที่สอง (V_2) มีขนาดภายในกว้าง 1.0 m ยาว 0.3 สูง 1.0 m ผนังกั้นระหว่างห้องเผาที่หนึ่งและห้องที่สองใช้เหล็กกล้าหนา 10 mm. เนื่องจากกลไกถ่ายเทความร้อนจากห้องเผาไหม้ที่หนึ่งไปยังห้องเผาไหม้ที่สองอาศัยการนำความร้อนเป็นหลักดังนั้นความหนาของแผ่นเหล็กกล้าจึงมีผลต่อการนำความร้อนและการบิดเสียรูปของแผ่นเหล็กจากโดยความร้อน ขนาดกว้าง 1.0 m และ สูง 0.7 m ซึ่งขนาดเท่ากับความกว้างของห้องเผาไหม้แต่ส่วนความสูงต้องเว้นช่องพื้นที่ช่องผ่านก๊าซร้อน (A_p)

4) ขนาดพื้นที่ปล่องไอเสีย (A_g) อยู่ที่ 0.032 m^2 สร้างจากเหล็กกล่องขนาด 200x200 mm เพื่อความสะดวกในการจัดทำหนา 3 mm ความสูงของปล่อง (h) มีค่า 4 m โดยวัดจากด้านบนเตาเผาขยะ

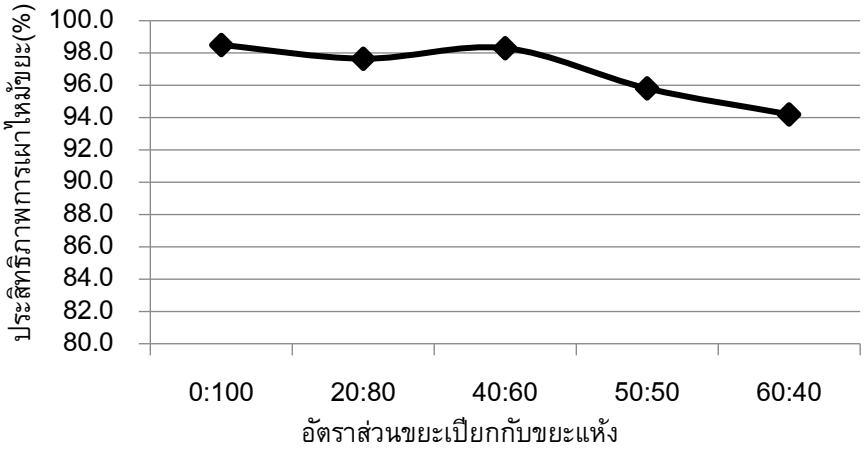
ผนังเตาเผาใช้ฉนวนกันสูญเสียความร้อนหนา 115 mm จากการคำนวณอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (ขยะ) ทางทฤษฎี (AFR_T) และคิดอากาศส่วนเกินร้อยละ 30 [15] จะต้องใช้อากาศ 3.78 kg ต่อขยะ 1 kg คำนวณจากสมการที่ (17) ป้อนขยะในอัตรา 50 kg /h จากผลการคำนวณ AFR_T มีขนาดช่องอากาศเข้าเผาต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 656 cm^2 ในการออกแบบเลือกใช้ขนาด 50 x 25 cm เพื่อใช้ควบคุมปริมาณอากาศได้สะดวกขึ้นด้วยการปรับแผ่นสไลท์ช่องปรับอากาศหน้าเตาเผาขยะ

3.2 ผลการทดสอบการทำงานของเตาเผาขยะ

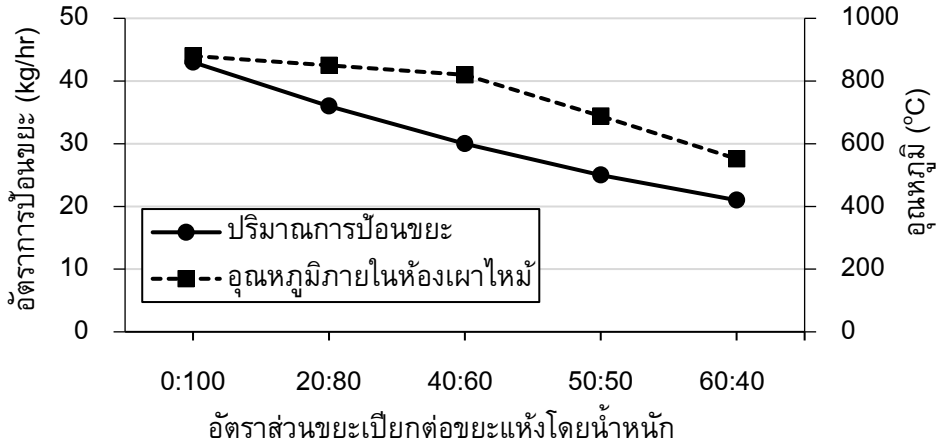
การประเมินประสิทธิภาพการเผาไหม้ด้วยสมการที่ (18) แสดงดังรูปที่ 5 ด้วยการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ตามอัตราส่วนขยะที่ป้อนตั้งแต่ 0:100 – 40:60 ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุดมีค่าร้อยละ 98.5 ที่อัตราส่วนขยะ 0:100 เนื่องจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ทำให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากกว่าก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ที่มีปริมาณน้อยเพราะว่าอุณหภูมิในเตาสูงเกิดแรงดูดอากาศเข้าไปมากกว่าปริมาณความต้องการ จึงทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศปริมาณมากที่ยังเผาไหม้ไม่หมด แต่เมื่อป้อนปริมาณส่วนผสมของขยะเปียกเพิ่มขึ้นไปเป็น 60:40 จะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลงอย่างมากเนื่องจากขยะเปียกที่ป้อนเข้าไปมีความชื้นสูงแห้งไม่ทันอุณหภูมิในเตาเผาลดลง ส่งผลให้อัตราการป้อนขยะลดลงตามไปด้วย

ในการทดสอบด้านความสามารถในการกำจัดขยะจะสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนระหว่างขยะเปียกกับขยะแห้งและอุณหภูมิภายในเตาเผาแสดงดังรูปที่ 6 พบว่าเมื่อป้อนขยะที่มีแต่ขยะแห้งจะสามารถเผาไหม้ได้สูงสุด 45 kg/h มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 885 °C และเมื่อเพิ่มปริมาณขยะเปียกมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 60:40 ความสามารถในการกำจัดขยะลดลงเหลือ 22 kg/h เนื่องจากขยะเปียกโดยส่วนใหญ่จะเป็นเศษอาหารที่มีความชื้นสูงเช่น เปลือกผลไม้ ผัก เมื่อเข้าเตาเผาไปในปริมาณ

มากจะทำให้อุณหภูมิภายในเตาลดลงอย่างรวดเร็วมีอุณหภูมิประมาณ 553 °C ซึ่งไม่สามารถเพิ่มปริมาณขยะเปียกได้อีกเพราะจะทำให้เตาเผาขยะดับ



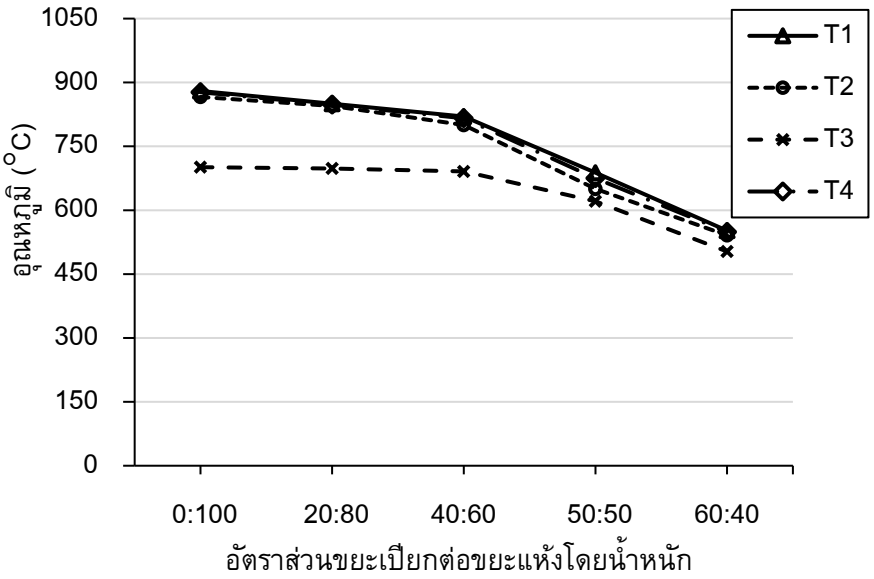
รูปที่ 5 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของขยะ



รูปที่ 6 ความสามารถในการเผากำจัดขยะและปริมาณความร้อนของเตาเผาขยะ

อุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ของเตาเผาขยะแสดงดังรูปที่ 7 อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่ 1 (T_1) สูงสุดที่ 885 °C และลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 862 °C ในห้องเผาไหม้ที่ 2 (T_2) และลดลงเรื่อย ๆตามปริมาณขยะเปียกที่เพิ่มขึ้นจนลดลงต่ำสุดที่ 552 °C ที่อัตราส่วนขยะเปียกต่อขยะแห้ง 60:40 ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่จะสามารถรักษาให้มีการเผาไหม้ต่อเนื่องได้ อุณหภูมิไอเสีย (T_3) อยู่ระหว่าง 503 – 700 °C

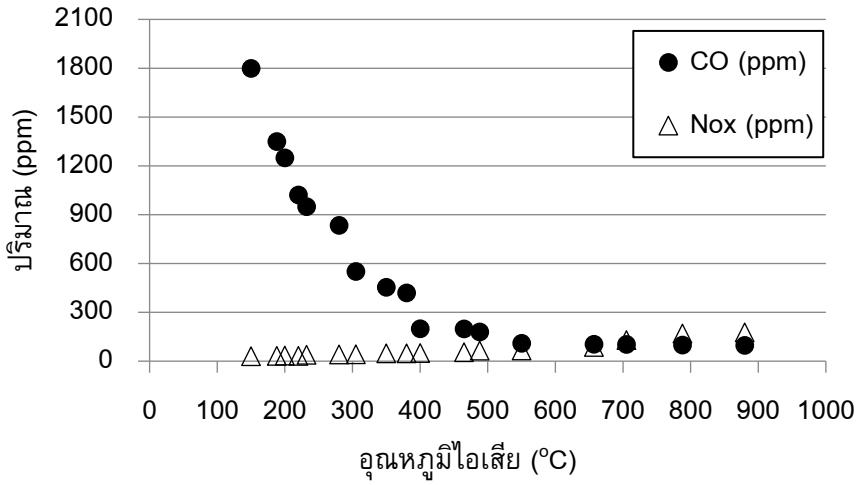
และส่วนสุดท้ายอุณหภูมิผนังเหล็กกล้า (T_4) อยู่ระหว่าง 580 – 860 °C มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับห้องเผาไหม้ที่หนึ่งเนื่องจากแผ่นเหล็กกล้ามีค่าการนำความร้อนสูงสามารถนำความจากห้องเผาไหม้ที่หนึ่งไปยังห้องที่สองได้ดีกว่าเตาเผาที่ใช้อิฐเป็นผนังกั้นระหว่างห้อง ส่งผลให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่สองสูงขึ้นมากกว่าเตาที่ใช้อิฐกั้นซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิไอเสียของเตาขยะโดยทั่วไป อย่างเช่นของ Sukchana [3] มีการพัฒนาเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนขนาดเล็กมีอุณหภูมิไอเสียอยู่ที่ประมาณ 680 °C และห้องเผาไหม้ที่สองจะมีอุณหภูมิไอเสียให้ลดลงเนื่องจากความร้อนส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้เผาไหม้ซ้ำ ในส่วนของอุณหภูมิผิวผนังเตาด้านนอก (T_5) อยู่ระหว่าง 48 – 57 °C ใกล้เคียงกับที่ออกแบบกำหนดไว้ที่ 50 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน



รูปที่ 7 อุณหภูมิเฉลี่ยส่วนต่าง ๆ ของเตาเผาขยะ

การเทียบปริมาณ CO และ NO_x เทียบกับอุณหภูมิก๊าซไอเสียที่แสดงดังรูปที่ 8 วัดได้จากปล่องควันจากตัวอย่างการเผาขยะที่อัตราส่วน 20:80 พบว่าปริมาณ CO แนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่ออุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นโดยเฉพาะที่อุณหภูมิตั้งแต่ 550 °C ปริมาณ CO จะลดลงเหลือประมาณ 188 ppm และลดลงเรื่อยจนต่ำสุดที่ 98 ppm

และในส่วนของปริมาณ NO_x ก็มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิไอเสียซึ่งเมื่ออุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นปริมาณของ NO_x ก็สูงตามไปด้วยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 177 ppm โดยที่ปริมาณก๊าซทั้งสองตัวยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน [16] ที่กำหนดเกณฑ์ในการควบคุมมลพิษ ไว้ไม่เกิน 110 ppm และ 250 ppm ตามลำดับ



รูปที่ 8 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) และปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เทียบกับอุณหภูมิก๊าซไอเสีย

ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซมลพิษจากเตาเผาขยะเทียบกับอัตราส่วนขยะเปียกต่อขยะแห้ง

List	0:100	20:80	40:60	50:50	60:40
1. CO (ppm)	44	98	540	652	1002
2. CO_2 (ppm)	12,220	13,321	14,455	14,832	15,111
3. SO_2 (ppm)	0	0	14	11	3
4. NO_x (ppm)	185	177	154	137	135
5. Opacity (%)	17	17	19	20	39

การควบคุมมลพิษในตารางที่ 2 แสดงปริมาณมลพิษจากการทดลองเผาขยะในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 44 – 1002 ppm โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและสอดคล้องกับค่า Opacity ที่สูงร้อยละ 39 ทำให้ค่ามลพิษสูงกว่าเกณฑ์ที่ได้กำหนดในมาตรฐานที่ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนดไว้ [16] เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณขยะเปียกในสัดส่วนที่มากขึ้นทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จากขยะเปียกที่มีความชื้นสูงแห้งไม่ทัน ส่งผลให้อุณหภูมิในเตาลดลงและการไหลของอากาศเข้าเตาได้น้อยลงซึ่งการเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพจะต้องควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สุดท้ายไม่น้อยกว่า 850 °C และมีระยะเวลาในการเผาไหม้ก๊าซไอเสียไม่น้อยกว่า 2 วินาที และควบคุมความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ควรมีค่าสูงสุดไม่เกิน 100 ppm [17] แต่เมื่อ

เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Nattraiphop et al [18] ที่มีการศึกษาประเมินสมรรถนะเตาเผาขยะและการจัดการขยะชุมชนพบว่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) อยู่ระหว่าง 64 – 1089 ppm จะเห็นได้ชัดว่าเตาเผาขยะแบบสองห้องมีความสามารถลดมลพิษได้มากกว่า เนื่องจากความร้อนที่ส่งผ่านผนังเหล็กกล้าที่มีค่าการนำความร้อนสูงทำให้ความร้อนสามารถเคลื่อนที่จากห้องที่หนึ่งไปยังห้องที่สองได้เป็นอย่างดีและยังช่วยชะลอความเร็วของก๊าซไอเสียให้ช้าลงช่วยให้เกิดการเผาไหม้ซ้ำสามารถลดปริมาณ CO ได้ ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chongrungreong [5] ที่ศึกษาเรื่องเตาเผาขยะแบบสองห้องด้วยเช่นกัน ในส่วนก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 135 – 185 ppm อยู่ในเกณฑ์การควบคุมของรัฐต้องไม่เกิน 250 ppm [10] NO_x จะมีปริมาณสูงขึ้นที่สัดส่วนขยะเปียกน้อยทำให้การเผาไหม้ได้ดีส่งผลให้อุณหภูมิในเตาสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างไนโตรเจนกับออกซิเจน แต่ถ้าเพิ่มสัดส่วนขยะเป็น 40:60 จะทำให้ปริมาณการเกิด NO_x ไม่ให้เกินมาตรฐานก็เพราะว่าอุณหภูมิในเตาไม่สูงเกินไป ซึ่งในระหว่างการเผาขยะต้องมีการตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงระหว่าง 850 – 1100 °C ตลอดเวลาเพื่อให้กระบวนการเผาไหม้สมบูรณ์และเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด แต่ถ้าอุณหภูมิในห้องเผาสูงเกิน 1100 °C จะมีโอกาสก่อให้เกิดมลพิษประเภทสารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เพิ่มมากขึ้นและทำให้วัสดุ องค์ประกอบของเตาเผาได้รับความเสียหายได้ [17] และมีค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สูงสุด 14 ppm ซึ่งเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงขยะที่มีกำมะถัน แต่เมื่อตรวจสอบค่ามลพิษกับงานวิจัยที่ใช้หอพ่นน้ำเป็นอุปกรณ์กำจัดมลพิษของ Sittiritkawin et al [1] พบว่ามลพิษทางอากาศมีค่า CO, CO_2, NO_x อยู่ที่ 736 – 803 ppm, 12,000 – 18,000 ppm, 5 – 20 ppm ตามลำดับ ซึ่งให้ผลค่อนข้างสูงกว่า เนื่องจากหอพ่นน้ำจะมีความสามารถดักจับเฉพาะ NO_x และอนุภาคฝุ่นได้ดีกว่าก๊าซ CO ที่ละลายในน้ำได้น้อยกว่ามาก

4. บทสรุป

จากการออกแบบและสร้างเตาเผาขยะที่มีการใช้ห้องเผาไหม้สองโดยใช้แผ่นเหล็กกล้าเป็นผนังกั้นระหว่างห้องเผาไหม้ทั้งสองสามารถควบคุมมลพิษให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ มีอัตราขยะเปียกและขยะแห้งโดยน้ำหนักได้ระหว่าง 0:100 – 50:50 โดยยังคงรักษาสภาพการเผาไหม้ด้วยตัวเองได้ดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุม และสามารถป้อนขยะได้สูงสุดในอัตรา 42 kg/h โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพเตาสูงสูดอยู่ที่ร้อยละ 98.5 ในส่วนของค่ามลพิษทางอากาศสามารถควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมได้โดยมีปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) จะมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 44 ppm ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในห้องเผาไหม้โดยมีค่า 135 ppm และค่าความทึบแสง (Opacity) ที่ร้อยละ 17 แต่ถ้ามีการเพิ่มขยะเปียกไปเป็นร้อยละ 60 ของขยะทั้งหมดจะทำให้ค่ามลพิษทางอากาศเริ่มเกินมาตรฐาน จากข้อมูลงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการใช้แผ่นเหล็กกล้าเป็นผนังกั้นห้องเผาไหม้และพื้นที่ช่องผ่าน

ก๊าซร้อนจากห้องเผาไหม้ที่หนึ่งไปยังห้องเผาไหม้ที่สอง (A_p) ตามที่ได้ออกแบบจะสามารถควบคุมมลพิษได้ แต่ถ้ามีการปรับพื้นที่ช่องดังกล่าวให้มีขนาดลดลงจะส่งผลให้ปริมาณก๊าซร้อนไหลช้าลง ทำให้การเติมอากาศเข้าเตาเผาลดลงซึ่งการเผาไหม้ขยะจะไม่สมบูรณ์ค่ามลพิษจะไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ และถ้ามีการปรับพื้นที่ช่องดังกล่าวให้มีขนาดเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณก๊าซร้อนไหลออกจากเตาเผาเร็วเกินไปซึ่งจะทำให้การเผาไหม้ซ้ำในส่วนของห้องเผาไหม้ที่สองลดลงก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยเชียงรายที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ที่สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

Reference

[1] Sittiritkawin P, Saengnual S, Manowan S, Rattanapong K. Design and construction of a small-scale solid waste incinerator low emission with water spraying tower. The 7th National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business administration, Engineering, Science and Technology; 2022 May 26-27; Chumphon, Thailand. p. 441-50. (In Thai)

[2] Olisa YP, Amos AE, Kotingo K. The design and construction of a step grate incinerator. Global Journal of Researches in Engineering: A Mechanical and Mechanics Engineering 2016;16(3):51-5.

[3] Sukchana T. The performance test of an incinerator with loopback exhaust. The 28rd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand; 2014 Nov 15-17: Khon Kaen, Thailand. p. 365-75. (In Thai)

[4] Damrongsak D, Khamwiang N, Kaewngen J, Panyatham J. Design and construction of the community garbage incinerator. The 23rd Conference of The Mechanical Engineering Network of Thailand; 2009 Nov 4-7, Chiang Mai, Thailand. p. 266-77. (In Thai)

[5] Chongrungreong S. Study and design of a solid waste two combustion chambers incinerator. Engineering Journal of Research and Development 1999;10(1):90-101. (In Thai)

[6] Achawangkul Y, Maruyama N, Chaichana C, Hirota M, Teeratitayangkul P. Study and evaluation for the double-chambered incinerator using biomass gas-derived from gasification. International Journal of Modern Engineering Research 2013;3(6):3818-24.

[7] Obuka, NSP, Ozioko ER.. Design and evaluation of a double chamber incinerator for low emissions. International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences 2018;7(6):1-21.

[8] Vesilind PA, Rimer AE. Unit operation in resource recovery engineering, New Jersey, USA: Prentice-Hall; 1981.

[9] Pfeffer JT. Solid waste management engineering. New Jersey, USA: Prentice-Hall; 1982.

[10] Pavoni JL, Heer JE, Hagerty DJ. Handbook of solid waste disposal materials and energy recovery. New York, USA: Van Nostrand Reinhold; 1972.

[11] Bhide AD, Sundarean BB. Solid waste management in developing countries: New Delhi, India: Indian National Scientific Documentation Centre; 1983.

[12] Sasiwimonphan S. Steam technology. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand - Japan); 1992. (In Thai)

[13] Mangvititkul W. Processes and techniques reducing energy costs for industrial buildings and factories. Bangkok, Thailand: Energy Conservation Center of Thailand Publishing; 2001. (In Thai)

[14] Chantasiriwan S. Power plant engineering. Pathumthani, Thailand: Faculty of Engineering, Thammasat University; 2015. (In Thai)

[15] Department of Alternative Energy Development and Energy Efficiency. Studying the feasibility of producing energy from waste project to study and prepare investment information on renewable energy and energy conservation. Bangkok, Thailand: Department of Alternative Energy Development and Energy Efficiency, Ministry of Energy; 2015. (In Thai)

[16] Announcement of the ministry of natural resources and environment. Regarding the designation of solid waste incinerators as a source of pollution that the release of polluted air into the atmosphere must be controlled. Royal Gazette Volume 127, Special Section 87 N, 2010. (In Thai)

[17] Pollution Control Department. Guidelines for solid waste management with a solid waste incinerator system. Bangkok, Thailand: Community Solid Waste and Hazardous Substance Management Division; 2022. (In Thai)

[18] Nattraiphop T, Jomphakdee W, Chaiyathep S. Performance evaluation of incinerator for community-based solid waste management. The 22rd Conference of The Mechanical Engineering Network of Thailand; 2008 Oct 15-17; Pathumthani, Thailand. p. 20-5. (In Thai)

ประวัติผู้เขียนบทความ

ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน ตำแหน่ง อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล (สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล) คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย เลขที่ 199 ม.6 ต.ป่าอ้อดอนชัย อ.เมือง จ.เชียงราย 57000 โทรศัพท์ 086-3023878 Email: pakdee.me@gmail.com

งานวิจัยที่สนใจ: ด้านพลังงานความร้อนจากเตาเผาขยะ

Article History:

Received: March 6, 2024

Revised: July 3, 2024

Accepted: July 5, 2024