บทที่ 6

วิจารณ์ผลการทดลอง

6.1 คุณสมบัติของตะกอนสลัดจ์และขยะจากบ้านเรือน

ตะกอนสลัดจ์และขยะจากบ้านเรือนที่มาจากแหล่งต่าง ๆ กัน ย่อมมีคุณสมบัติและชนิดขององค์ประกอบแตกต่างกันออกไป จากตารางที่ 5-8 ถึง 5-11 พบว่าตะกอนสลัดจ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่าทางความร้อนประมาณ 8,510 กิโลจูลต่อกิโลกรัม และขยะจากบ้านเรือนมีค่าทางความร้อนอยู่ในช่วงประมาณ 14,600 ถึง 14,800 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบประมาณของตะกอนสลัดจ์กับขยะ จะเห็นว่าความชื้นของตะกอนสลัดจ์มีค่าสูงกว่าขยะคือ มีความชื้นร้อยละโดยน้ำหนัก 69.21 ส่วนขยะมีความชื้นร้อยละโดยน้ำหนักอยู่ในช่วงประมาณ 35 ถึง 46 แต่ปริมาณสารระเหยได้กับคาร์บอนคงตัวในขยะมีค่าสูงกว่าตะกอนสลัดจ์คือ สารระเหยได้ในขยะมีค่าร้อยละโดยน้ำหนักประมาณ 35 ถึง 40 และคาร์บอนคงตัวมีค่าร้อยละโดยน้ำหนักประมาณ 8 ถึง 12 ในขณะที่สารระเหยได้ของตะกอนสลัดจ์มีค่าร้อยละโดยน้ำหนัก 13.49 และค่าคาร์บอนคงตัวมีค่าร้อยละโดยน้ำหนัก 3.00 จากตารางที่ 5-4 ถึง 5-7 เป็นการวิเคราะห์ตะกอนสลัดจ์และขยะแบบแยกธาตุ จะเห็นว่าร้อยละของคาร์บอนในขยะมีค่าสูงกว่าตะกอนสลัดจ์คือ มีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 26 ส่วนตะกอนสลัดจ์มีค่า 9.46 และอัตราส่วนร้อยละของเถ้าในตะกอนสลัดจ์กับขยะมีค่าใกล้เคียงกันคือ 14.30 ในตะกอนสลัดจ์ส่วนขยะมีค่าอยู่ระหว่าง 12.72 ถึง 15.73 โดยเหตุที่ขยะมีความชื้นต่ำและคาร์บอนคงตัวสูงกว่าตะกอนสลัดจ์ จึงทำให้ขยะมีค่าความร้อนสูงกว่า ดังนั้นผลการวิเคราะห์ข้างต้นจึงให้ผลสอดคล้องกัน

6.2 ความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันของเบด

ในการทดลองหาค่าความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชัน (U_{mf}) ดังแสดงในรูปที่ 5-1 และรูปที่ 5-2 โดยใช้เบดคือเม็ดทรายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 1.4

มิลลิเมตร และเปลี่ยนแปลงความสูงของเบดในคอลัมน์ที่ค่าต่าง ๆ พบว่าเมื่อความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้นความดันลดก็จะเพิ่มขึ้นด้วยจนกระทั่งถึงจุด ๆ หนึ่ง ความดันลดจะมีค่าคงที่ที่ความสูงของเบดระดับหนึ่ง เมื่อความสูงของเบดเพิ่มขึ้นรูปกราฟที่ได้ก็จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน แต่ค่าความดันลดจะมากกว่า และจุดที่ความดันลดเริ่มคงที่ขณะเพิ่มความเร็วของอากาศมากขึ้นที่ความสูงของเบดระดับต่าง ๆ นั้น จะเป็นจุดที่แสดงถึงความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความสูงของเบด จากการทดลองพบว่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชันของการทดลองตอนที่ 1 และตอนที่ 2 มีค่า 0.25 เมตรต่อนาที ส่วนการทดลองตอนที่ 3 ซึ่งเปลี่ยนขนาดของเตาเผาให้มีขนาดเพิ่มขึ้นจากเดิม 15 เซนติเมตรเป็น 20 เซนติเมตร และเพิ่มปริมาณความร้อนเข้าเตาเผาโดยใช้หัวเผาเพิ่มขึ้นจากเดิม 1 หัวเป็น 3 หัว พบว่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดเซชันมีค่า 0.30 เมตรต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันของการทดลองตอนที่ 3 กับการทดลองตอนที่ 1 และตอนที่ 2 มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยคือประมาณร้อยละ 20

6.3 ผลการทดลองเผาไหม้ขยะ

ขยะที่ใช้ในการวิจัยนี้ ก่อนการทดลองได้คัดเลือกแยกขยะบางชนิดออกก่อนคือ ขยะที่ไม่เกิดการเผาไหม้หรือสลายตัวได้ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ พวกโลหะ, แก้วหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นเซรามิกส์เป็นต้น ทั้งนี้เพราะขนาดของขยะเหล่านี้จะไปมีผลกระทบในการเผาไหม้ ทำให้สภาวะของเบดมีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งมีผลต่อลักษณะการเกิดฟลูอิไดเซชัน ตะกอนสลัดจ์ที่ใช้ในการทดลองมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วงประมาณ 0.8 ถึง 1.2 มิลลิเมตร และขยะที่ตัดลดขนาดแล้วมีขนาดอยู่ในช่วง 1 ถึง 2 เซนติเมตร

การเผาไหม้ขยะนอกจากจะให้พลังงานความร้อนออกมาแล้ว ยังเกิดผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีก เช่น เถ้า และก๊าซผลิตภัณฑ์ ซึ่งก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ขยะมีองค์ประกอบอยู่หลายชนิด บางชนิดอาจก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศเช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์(NO) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO_2) เป็นต้น จากตารางที่ 5-4 ถึง 5-7 เป็นการวิเคราะห์ขยะและตะกอนสลัดจ์ที่ใช้ในการทดลอง พบว่าอัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ที่มีอยู่มีค่าน้อยมาก รวมทั้งอุณหภูมิจากการเผาไหม้มีค่าไม่สูงมากนัก อยู่ในช่วงประมาณ 700 ถึง 800 องศาเซลเซียส ดังนั้นการเกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึงมีค่าน้อยมาก และเนื่องจากการทดลองได้ทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้คือ ให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ดังนั้นการเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในก๊าซผลิตภัณฑ์จึงมีค่าน้อยมาก ด้วยเทคนิคนี้ทำให้การเผาไหม้ขยะในระบบฟลูอิไดเซชัน ไม่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศ จากการศึกษา

หาสภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้ชยะ โดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ อัตราการไหลของอากาศ อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี และอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือชยะ โดยแบ่งการทดลองออกเป็นตอนใหญ่ ๆ 3 ตอนดังนี้

การทดลองตอนที่ 1 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์และชยะ โดยมีการสอดเข้าหัวเผาทางด้านข้างเตาเผา

การทดลองตอนที่ 2 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้ชยะ โดยมีการสอดเข้าหัวเผาทางด้านล่างเตาเผา

การทดลองตอนที่ 3 พิจารณาค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจีในการเผาไหม้ชยะ เมื่อเพิ่มขนาดของเตาเผาขึ้น โดยมีการสอดเข้าหัวเผา 3 หัวทางด้านล่างเตาเผา

6.3.1 สภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์หรือชยะในการทดลองตอนที่ 1 และตอนที่ 2

การพิจารณาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเผาไหม้ ในการทดลองนี้จะพิจารณาจากตัวแปรที่ใช้ในการทดลองคือ

1 อัตราการไหลของอากาศมากที่สุด
2 อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือชยะมากที่สุด
3 อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีต่ำที่สุด

โดยที่ตัวแปรทั้ง 3 ค่านี้จะต้องอยู่บนพื้นฐานที่การเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์หรือชยะสามารถดำเนินต่อเนื่องไปได้ โดยที่เปลวไฟในเตาเผาไม่เกิดการดับลงหรืออุณหภูมิของการเผาไหม้ลดต่ำลงอย่างมาก ซึ่งสังเกตได้จากอุณหภูมิของเบดที่เปลี่ยนไปกับเวลาในการเผาไหม้ และถ้าอุณหภูมิของเบดคงที่ที่ความต่างอยู่ในช่วง $\pm$ 15 องศาเซลเซียส ในขณะทำการเผาไหม้แล้ว ถือได้ว่าการเผาไหม้เข้าสู่สภาวะสมดุล สำหรับการทดลองชุดนั้น ส่วนการที่อุณหภูมิของเบดจะคงที่ที่อุณหภูมิค่าใดนั้น ขึ้นกับสภาวะที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง ว่าได้รับพลังงานความร้อนจากก๊าซแอลพีจีและตะกอนสลัดจ์หรือชยะมากน้อยเพียงใด จากผลการทดลองของ B.J. Copoland (8), L.C. Preuit และ K.B. Wilson (11) พบว่าการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์หรือชยะในเตาเผาแบบฟลูอิไดซ์เบด อุณหภูมิในการเผาไหม้ที่เหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 700 ถึง 800 องศาเซลเซียส

การทดลองในตอนที่ 1 และตอนที่ 2 เปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี 3 ค่าคือ 1.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและ 1.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพื่อหาอัตราการไหลของอากาศและอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือขยะที่เหมาะสม ในอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่กำหนด

6.3.1.1 อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 1.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ก อัตราการไหลของอากาศ

อากาศเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้การเผาไหม้เกิดได้อย่างสมบูรณ์ และในระบบฟลูอิไดเซชัน อัตราการไหลของอากาศจะเป็นตัวกำหนดให้ระบบเกิดการฟลูอิไดเซชัน เมื่อความเร็วของอากาศที่ใช้มีค่าสูงกว่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน สภาวะของเบดในคอลัมน์เกิดการปั่นป่วน ช่วยให้เกิดการถ่ายเทมวลสารดีขึ้น แต่ถ้าความเร็วของอากาศสูงเกินไปอนุภาคขนาดเล็กจะปลิวหลุดออกจากเบด (7) การทดลองนี้จะทำการศึกษาหาอัตราการไหลของอากาศที่มากที่สุด โดยมีอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือขยะที่ค่าต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากถ้าเลือกอัตราการไหลที่มีค่าน้อยแล้ว เมื่อทำการเพิ่มอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือขยะสูงขึ้น การเผาไหม้คงไม่สามารถดำเนินต่อเนื่องไปได้ เพราะว่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการเผาไหม้มีค่าไม่เพียงพอ

1 การทดลองตอนที่ 1.1

จากรูปที่ 5-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของเบดกับเวลาในการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์ โดยมีอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์คงที่ที่ 2.71 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น จาก 120.32 ถึง 197.87 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดต่ำลง และคงที่ที่อุณหภูมิค่าหนึ่งตลอดช่วงการเผาไหม้ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเบด หรือลักษณะการเกิดฟลูอิไดเซชัน เมื่ออัตราการไหลของอากาศมีค่าต่ำ เบดจะอยู่ในลักษณะของเบดหนาแน่นคือ มีช่องว่างระหว่างเม็ดทรายน้อย ทำให้ตะกอนสลัดจ์สัมผัสและรับความร้อนจากเบดได้ดี แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศมากขึ้น เบดจะอยู่ในลักษณะของเบดเจือจาง เกิดฟองอากาศมากขึ้น ทำให้โอกาสในการสัมผัสและรับความร้อนระหว่างเบดกับตะกอนสลัดจ์มีค่าน้อยลง และฟองอากาศที่เกิดมากขึ้นจะพาความร้อนภายในเบดออกจากเตาเผามากขึ้น ทำให้อุณหภูมิของเบดลดลง (11) และพบว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น อัตราส่วนของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าลดลง ดัง

แสดงในรูปที่ 5-34 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศจาก 120.32 ถึง 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าลดลงจาก 0.5 เป็น 0.0 แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นอีกเป็น 197.87 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดขึ้นอีกเป็น 0.1 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ตะกอนสลัดจ์และเบดมีการเคลื่อนไหวผสมกันอย่างรุนแรง ทำให้เกิดพื้นผิวใหม่บนผิวหน้าตะกอนสลัดจ์ตลอดเวลา มีผลให้ตะกอนสลัดจ์มีโอกาสสัมผัสอากาศได้มากขึ้น และการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเป็นการเพิ่มปริมาณก๊าซออกซิเจนในการเผาไหม้เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเผาไหม้จึงเกิดอย่างสมบูรณ์ แต่เมื่อมีอัตราการไหลของอากาศมากเกินไปจะมีผลกับลักษณะของเบดคือ เป็นเบดเจือจางมาก การเผาไหม้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้น และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของการเผาไหม้ ซึ่งหาได้จากปริมาณของเชื้อเพลิงในรูปคาร์บอนที่ใส่เข้าเตาเผาทั้งหมดเทียบกับเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ไปอย่างสมบูรณ์ ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 5-31 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศจาก 120.32 ถึง 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้จะเพิ่มขึ้นจาก 83.82 เป็น 99.97 แต่ถ้าเพิ่มอัตราการไหลของอากาศมากกว่านี้เป็น 197.87 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อัตราส่วนของประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลงเป็น 96.51 แสดงว่าอัตราการไหลของอากาศที่ 197.87 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีค่ามากเกินไป ดังนั้นอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมหรือมากที่สุดคือ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือเมื่อเทียบกับความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าเป็น 2.80 เท่า

2 การทดลองตอนที่ 1.2

จากรูปที่ 5-5 มีอัตราการป้อนชยะคงที่ที่ 4.17 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศจาก 80.22 ถึง 213.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าแนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับการทดลองตอนที่ 1.1 เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น และจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศมากกว่า 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 197.87 และ 213.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิของเบดจะมีค่าลดต่ำลงอย่างมาก และจากรูปที่ 5-35 เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นจาก 80.22 ถึง 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าลดลงจาก 0.7 เป็น 0.0 แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเป็น 197.87 และ 213.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.3 และ 0.4 ตามลำดับ ด้วยเหตุผลเดียวกับการทดลองตอนที่ 1.1 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของการเผาไหม้ ดัง

แสดงในรูปที่ 5-32 จะเห็นว่าอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และมีค่าสูงถึง 99.82 ที่อัตราการไหลของอากาศ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่ถ้าเพิ่มอัตราการไหลของอากาศมากกว่านี้คือ 197.87 และ 213.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้จะมีค่าลดลงเป็น 91.71 และ 88.39 แสดงว่าอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมในการทดลองนี้มีค่า 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

3 การทดลองที่ 2

ในการทดลองนี้ ได้เปลี่ยนทิศทางการให้ความร้อนทางด้านข้างเตาเผามาเป็นการให้ความร้อนทางด้านล่างแทน พบว่าเวลาในการอุ่นเตาเผาก่อนการเผาไหม้มีค่าลดลง เนื่องจากความร้อนที่ได้รับจากหัวเผาและอากาศที่เข้าเตามีทิศทางเดียวกัน ทำให้การไหลวนของเบดมีโอกาสสัมผัสและรับความร้อนจากเปลวไฟได้นานกว่าการให้ความร้อนทางด้านข้าง รวมทั้งการเพิ่มอากาศช่วยในการเผาไหม้ จะทำให้อุณหภูมิของก๊าซร้อนที่ออกจากเตาเผามีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของเบด เมื่ออุณหภูมิเหนือเบดมีค่าสูงขึ้น เถ้าส่วนที่ลอยอยู่เหนือเบดจะเกิดการเผาไหม้ดีขึ้น ดังนั้นคุณค่าทางความร้อนและอัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนในเถ้าจะมีค่าลดลง มีผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าสูงขึ้น จากรูปที่ 5-8 มีอัตราการป้อนขยะคงที่ที่ 5.29 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศจาก 200.97 ถึง 227.62 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเห็นว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นแนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลง และถ้าอัตราการไหลของอากาศมีค่ามากกว่า 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิของเบดมีค่าลดต่ำลงอย่างมาก และไม่สามารถเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการเผาไหม้ดังแสดงในรูปที่ 5-33 จะเห็นว่ามีค่าลดต่ำลงอย่างมากเมื่อเพิ่มอัตราการไหลจาก 211.67 เป็น 227.62 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง คือมีค่าลดลงจาก 99.84 เป็น 95.17 แสดงว่าอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมในการทดลองนี้มีค่า 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือเมื่อเทียบกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าเป็น 2.96 เท่า

ข อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือขยะ

เมื่อได้อัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมแล้ว จะทำการหาอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือขยะที่เหมาะสม คือ มีอัตราการป้อนได้มากที่สุด โดยที่การเผาไหม้ยังคงสามารถดำเนินต่อเนื่องไปได้ ทั้งนี้เนื่องจากยิ่งมีการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์หรือขยะได้มากขึ้น ก็จะ

เป็นการคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์มากขึ้น

1 การทดลองตอนที่ 1.1

เมื่อได้อัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมแล้วคือ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์จาก 2.71 ถึง 4.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 5-11 พบว่า เมื่อป้อนตะกอนสลัดจ์เข้าเตาเผา อุณหภูมิของเบดจะมีค่าลดลง และคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่งตลอดการเผาไหม้ เนื่องจากความชื้นของตะกอนสลัดจ์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าสูง ดังนั้นเมื่อป้อนตะกอนสลัดจ์เข้าเตาเผา ความชื้นและสารระเหย จึงไม่ถูกกำจัดหมดไปก่อนที่ตะกอนสลัดจ์จะสัมผัสกับเบด ทำให้ต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งมาระเหยน้ำและสารระเหยออกไป มีผลให้อุณหภูมิของเบดช่วงแรกในการเผาไหม้ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิของเบดจะเริ่มคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อน้ำและสารระเหยถูกกำจัดหมดไปตะกอนสลัดจ์จะถูกเผาไหม้และคายความร้อนออกมา ซึ่งเป็นส่วนช่วยเสริมความร้อนในการเผาไหม้ที่ได้รับจากก๊าซแอลพีจี ดังนั้นเมื่อความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำและสารระเหยมีค่าเท่ากับความร้อนที่ได้รับจากก๊าซแอลพีจีและการลุกไหม้ของตะกอนสลัดจ์แล้ว อุณหภูมิของเบดจะมีค่าคงที่ และเมื่อทำการเพิ่มอัตราป้อนตะกอนสลัดจ์เข้าเตาเผามากขึ้น พบว่าแนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์มากขึ้น ก็จะเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำเข้าเตามากขึ้น ทำให้ต้องใช้ความร้อนในการระเหยน้ำมีค่ามากขึ้น พิจารณาอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่ 3.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เห็นได้ว่า อุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงและเริ่มคงที่ที่อุณหภูมิ 650 ถึง 665 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 16 นาที ดังนั้นเมื่อพิจารณาอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์สูงขึ้นเป็น 4.09 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิจะเริ่มคงที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 640 ถึง 645 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 36 นาที ซึ่งต้องใช้เวลานานกว่าที่อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ 3.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประมาณ 2 เท่า แต่อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ทั้ง 2 ค่านี้ การเผาไหม้ยังคงสามารถดำเนินต่อไปได้ และเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์สูงขึ้นเป็น 4.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดลดต่ำลงอย่างมากและไม่สามารถทำการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ แสดงว่าพลังงานความร้อนที่ได้รับจากก๊าซแอลพีจีและการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์ไม่สัมพันธ์กับอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ คือพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำ มีค่ามากกว่าพลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซแอลพีจีและการเผาไหม้ของตะกอนสลัดจ์ ดังนั้นอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่ 4.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมงจึงไม่เหมาะสมในการเผาไหม้ แสดงว่าการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์ที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 1.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงควรทำการเผาไหม้ที่อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ในช่วง 3.56 ถึง 4.09 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ถ้าการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์ที่อัตราการป้อนสูง

กว่า ก็เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้ลง คือสามารถลดเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ลง ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจีลงด้วย ดังนั้นอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่ 4.09 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงเป็นจุดที่เหมาะสมและเมื่อพิจารณาถึงเถ้าที่ออกจากคอลัมน์ ดังตารางที่ จ.1 พบว่าเมื่ออัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์มีค่าสูงขึ้นจาก 2.71 ถึง 4.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวในเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.34 ถึง 0.52 และคุณค่าทางความร้อนของเถ้าก็มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 414 ถึง 431 กิโลจูลต่อกิโลกรัม มีผลให้อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าลดลงจาก 99.95 ถึง 99.88 ที่อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์จาก 2.71 ถึง 4.09 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์เป็น 4.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คือมีค่าอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้เป็น 92.72 ดังแสดงในรูปที่ 5-28 จากเหตุผลดังกล่าว แสดงว่าอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 4.09 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2 การทดลองตอนที่ 1.2

จากรูปที่ 5-14 จะเห็นว่าแนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงเมื่อมีอัตราการป้อนชยะสูงขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกันกับการทดลองตอนที่ 1.1 แต่อัตราการป้อนชยะเข้าเตาเผามีค่าสูงกว่าอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ ทั้งนี้เพราะปริมาณความชื้นในชยะมีค่าน้อยกว่าความชื้นในตะกอนสลัดจ์ และคุณค่าทางความร้อนของชยะมีค่าสูงกว่ามาก เมื่อชยะเกิดการเผาไหม้ความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำของชยะจึงใช้น้อยกว่าของตะกอนสลัดจ์ และเมื่อชยะเกิดการลุกไหม้จะให้ความร้อนออกมามากกว่าตะกอนสลัดจ์ เมื่อมีปริมาณเท่ากัน ดังนั้นอัตราการป้อนชยะเข้าเตาเผาจึงสูงกว่าอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ และจากการทดลองตอนที่ 1.1 ที่ผ่านมาพบว่ามีเพียงอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ค่าเดียวเท่านั้นที่สามารถป้อนเข้าเตาเผาได้สูงสุดในสภาวะนั้น และถ้าเพิ่มอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์มากขึ้น อุณหภูมิของเบดจะมีค่าลดลงอย่างมากและการเผาไหม้ที่เกิดขึ้น สังเกตได้ว่ามีควันเกิดขึ้นมาก นอกจากนั้นอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ก็ไม่สามารถทำอย่างต่อเนื่องได้ ด้วยเหตุผลนี้ก่อนการทดลองจึงมีการสุ่มตัวอย่างอัตราการป้อนชยะก่อน เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการทดลอง จากผลการทดลองพบว่าที่อัตราการป้อนชยะ 4.78 และ 5.29 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป อุณหภูมิของเบดจะคงที่ที่อุณหภูมิช่วงหนึ่ง แต่ถ้าเพิ่มอัตราการป้อนชยะมากขึ้นเป็น 5.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงอย่างมาก และการเผาไหม้ไม่สามารถทำอย่างต่อเนื่องได้ เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำและสารระเหยในชยะมีค่าสูงกว่าพลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซแอลพีจีและความร้อนที่ชยะให้ออกมาเมื่อเกิดการลุกไหม้ แสดงว่าอัตราการป้อนชยะที่สามารถป้อนเข้าเตาเผา

ได้สูงสุดอยู่ในช่วง 4.78 ถึง 5.29 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้แล้ว อัตราการป้อนขยะที่สูงกว่าจะมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า และนอกจากนั้นพบว่าเถ้าที่ออกจากคอลัมน์ ดังแสดงในตารางที่ จ.2 มีอัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนในเถ้าเพิ่มขึ้นจาก 1.09 เป็น 1.21 และคุณค่าทางความร้อนของเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 494 ถึง 506 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เมื่ออัตราการป้อนขยะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 4.78 ถึง 5.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ทำให้อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าลดลงจาก 99.82 เป็น 99.79 เมื่ออัตราการป้อนขยะเพิ่มขึ้นจาก 4.78 เป็น 5.29 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนขยะสูงขึ้นเป็น 5.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าลดลงอย่างมากเป็น 89.38 ดังแสดงในรูปที่ 5-29 ดังนั้นแสดงว่าอัตราการป้อนขยะที่เหมาะสมในการทดลองนี้มีค่า 5.29 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3 การทดลองตอนที่ 2

จากการเปลี่ยนทิศทางการให้ความร้อนเข้าเตาเผาทางด้านข้างมาเป็นการให้ความร้อนเข้าเตาเผาทางด้านล่าง พบว่าในการเผาไหม้ขยะ ขยะนอกจากจะได้รับความร้อนจากเบดแล้ว ยังมีโอกาสที่จะได้รับความร้อนจากเปลวไฟที่หัวเผาได้โดยตรง รวมทั้งการเพิ่มอากาศช่วยในการเผาไหม้ จะทำให้อุณหภูมิเหนือเบดมีค่าสูงขึ้นใกล้เคียงกับอุณหภูมิเบด ดังนั้นขยะส่วนหนึ่งก่อนที่จะสัมผัสกับเบดจะเกิดการเผาไหม้หรือถูกกำจัดความชื้นและสารระเหยออกไป มีผลให้อัตราการเผาไหม้ขยะเพิ่มขึ้น สังเกตจากอัตราการป้อนขยะมีค่าสูงขึ้นมากกว่าในการทดลองตอนที่ 1.2 ดังรูปที่ 5-17 พบว่าแนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลง เมื่ออัตราการป้อนขยะมีค่าสูงขึ้นจาก 5.94 ถึง 6.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เช่นเดียวกันกับการทดลองตอนที่ 1.2 เมื่อพิจารณาอัตราการป้อนขยะที่ 5.94 และ 6.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของเบดจะคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิหนึ่ง และการเผาไหม้สามารถดำเนินอย่างเนื่องไปได้ แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนขยะสูงขึ้นเป็น 6.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิของเบดมีค่าลดต่ำลงอย่างมากเมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป และการเผาไหม้ไม่สามารถดำเนินอย่างต่อเนื่องไปได้ เมื่อพิจารณาเถ้าที่ออกจากคอลัมน์ ดังตาราง จ.3 จะเห็นว่าอัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวมีค่าสูงขึ้นจาก 1.05 ถึง 1.11 และคุณค่าทางความร้อนของเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 460 ถึง 473 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนขยะสูงขึ้นจาก 5.94 ถึง 6.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ และจากรูปที่ 5-30 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนขยะสูงขึ้นจาก 6.50 เป็น 6.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้จะมีค่าลดลงจาก 99.85 เป็น 97.67 ตามลำดับ ดังนั้นแสดงว่าอัตราการป้อนขยะที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 6.50 กิโลกรัม

ต่อชั่วโมง

6.3.1.2 อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ก อัตราการไหลของอากาศ

1 การทดลองตอนที่ 1.1

จากรูปที่ 5-4 มีอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์คงที่ที่ 3.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศจาก 80.22 ถึง 213.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าแนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1.1 ที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี 1.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศจาก 187.17 เป็น 197.87 และ 213.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สังเกตพบว่าเปลวไฟในเตาเผามีควันเกิดขึ้นมาก และไม่สามารถทำการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ เมื่อวัดอัตราส่วนร้อยละของก๊าซหลังการเผาไหม้พบว่ามีปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เกิดมากขึ้นจาก 0.0 เป็น 0.2 และ 0.4 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5-31 นอกจากนั้นอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าลดลงจาก 99.94 เป็น 94.39 และ 87.82 ตามลำดับ แสดงว่าอัตราการไหลของอากาศที่มากกว่า 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ไม่เหมาะสมในการทดลองนี้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาอัตราการไหลของอากาศที่ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเห็นว่าการเผาไหม้สามารถทำอย่างต่อเนื่องได้ และประสิทธิภาพของการเผาไหม้มีค่าสูง แสดงว่าอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือเมื่อเทียบกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าเป็น 2.80 เท่า

2 การทดลองตอนที่ 1.2

จากรูปที่ 5-6 มีอัตราการป้อนขยะคงที่ที่ 6.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศสูงขึ้น แนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับการทดลองในตอนที่ 1.2 ที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี 1.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศจาก 120.32 ถึง 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อเริ่มทำการเผาไหม้ อุณหภูมิของเบดจะมีค่าลดลง เนื่องจากต้องใช้ความร้อนมาระเหยน้ำและสารระเหยในขยะที่ป้อนเข้าเตาเผา หลังจากนั้นอุณหภูมิของเบดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อขยะเกิด

การเผาไหม้จะคายความร้อนจำนวนหนึ่งออกมา และเมื่อความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำและสารระเหยมีค่าเท่ากับความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของขยะและความร้อนที่ได้รับจากก๊าซแอลพีจีแล้ว ระบบการเผาไหม้เข้าสู่สภาวะสมดุล สังเกตได้จากอุณหภูมิของการเผาไหม้จะมีค่าคงที่ แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเป็น 197.87 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดลดลงอย่างมาก และการเผาไหม้ไม่สามารถทำอย่างต่อเนื่องได้ นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้ ดังรูปที่ 5-32 จะเห็นว่าการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศจาก 187.17 เป็น 197.87 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงนั้น อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าลดลงจาก 99.88 เป็น 91.76 ดังนั้นอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

3 การทดลองตอนที่ 2

จากรูปที่ 5-9 มีอัตราการป้อนขยะคงที่ที่ 7.80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศ 3 ค่าคือ 200.97, 211.67 และ 227.62 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น แนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1.2 และที่อัตราการไหลของอากาศ 200.97 และ 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเห็นว่าเมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป อุณหภูมิของเบดจะมีค่าคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่ง และถ้าเพิ่มอัตราการไหลของอากาศมากขึ้นเป็น 227.62 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลง เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไปประมาณ 8 นาที เนื่องจากต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งมาทำการระเหยน้ำและสารระเหยออกจากขยะ และเมื่อการเผาไหม้ดำเนินต่อไปจะเห็นว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากขยะเมื่อเกิดการเผาไหม้จะให้ความร้อนส่วนหนึ่งออกมา แต่หลังจากนั้นพบว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าลดต่ำลงอย่างมาก เมื่อสังเกตดูเปลวไฟในเตาเผาพบว่า ไม่ลุกสว่างเหมือนอัตราการป้อนขยะค่าอื่นและมีควันเกิดขึ้นมาก แสดงว่าอัตราการไหลของอากาศที่ค่านี้มีค่ามากเกินไป ทำให้ลักษณะของเบดเป็นแบบเบดเจือจางมาก ดังนั้นอุณหภูมิของเบดจึงมีค่าลดต่ำลงอย่างมากเมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป และไม่สามารถทำการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ เมื่อพิจารณาอัตราการไหลของอากาศที่ต่ำลงมาคือ 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเห็นว่าการเผาไหม้สามารถดำเนินอย่างต่อเนื่องได้ และอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าสูงถึง 99.84 ดังแสดงในรูปที่ 5-33 ดังนั้นจึงแสดงว่าอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือเมื่อเทียบกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าเป็น 2.96 เท่า

ช อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือชยะ

1 การทดลองตอนที่ 1.1

เมื่อได้อัตราการไหลของอากาศคงที่ที่ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงแล้ว ทำการเพิ่มอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5-12 พบว่าเมื่ออัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์สูงขึ้นจาก 5.61 ถึง 6.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิของเบดมีแนวโน้มลดลง และคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่งตลอดการเผาไหม้ แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์เป็น 8.49 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงอย่างมาก นอกจากนั้นเปลวไฟภายในเบดไม่ลุกสว่างเหมือนกับอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่ค่าต่ำลงมา และเมื่อทำการเผาไหม้ต่อไป พบว่าไม่สามารถทำการป้อนตะกอนสลัดจ์อย่างต่อเนื่องได้ จากรูปที่ 5-28 เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้ ที่อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ 6.73 กับ 8.49 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่ามีค่าลดลงจาก 99.84 เป็น 90.89 แสดงว่าอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่ 8.49 กิโลกรัมไม่เหมาะสมในการทดลองนี้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่ค่าต่ำลงมาคือ 5.61 และ 6.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าการเผาไหม้สามารถทำอย่างต่อเนื่องได้และมีประสิทธิภาพที่สูง แต่อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่สูงกว่าจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้ เพราะฉะนั้นอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 6.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2 การทดลองตอนที่ 1.2

จากรูปที่ 5-15 มีอัตราการไหลของอากาศคงที่ที่ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที และเพิ่มอัตราการป้อนชยะสูงขึ้นจาก 7.80 ถึง 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าอัตราการป้อนชยะที่ 7.80 และ 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไปอุณหภูมิของเบดจะคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่งตลอดการเผาไหม้ และเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนชยะสูงขึ้นเป็น 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิของเบดเมื่อเวลาผ่านไปมีค่าลดต่ำลงอย่างมาก ไม่สามารถทำการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ เนื่องจากการป้อนชยะมากขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำและสารระเหยในการเผาไหม้สูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องใช้ความร้อนมาระเหยน้ำและสารระเหยมากขึ้น แต่ถ้าความร้อนที่ได้จากก๊าซแอลพีจีและการเผาไหม้ของชยะมีค่าต่ำกว่าความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำและสารระเหยแล้ว การเผาไหม้จะไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ ด้วยเหตุผลนี้ อัตราการป้อนชยะที่ 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงไม่เหมาะสมในการทดลอง เมื่อพิจารณาอัตราการป้อนชยะที่ 7.80 และ 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าสามารถเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ และอัตรา

ส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าเท่ากันคือ 99.89 ดังแสดงในรูปที่ 5-29 ดังนั้นถ้ามีอัตราการป้อนขยะที่สูงกว่า และประสิทธิภาพในการเผาไหม้มีค่าสูง ก็เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้ลง แสดงว่าอัตราการป้อนขยะที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3 การทดลองตอนที่ 2

จากรูปที่ 5-18 เมื่อมีอัตราไหลของอากาศคงที่ที่ 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนขยะเพิ่มขึ้นจาก 9.69 เป็น 13.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าเมื่ออัตราการป้อนขยะเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 2 ที่ อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 1.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และที่อัตราการป้อนขยะ 9.69 และ 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่า เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป อุณหภูมิของเบดจะคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่ง แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนขยะเป็น 13.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าลดต่ำลงอย่างมาก และไม่สามารถทำการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ ดังเหตุผลเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1.2 จากตารางที่ 5-14 จะเห็นว่าเมื่ออัตราการป้อนขยะเพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 13.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าลดลงจาก 99.87 เป็น 92.86 ดังนั้นแสดงว่าอัตราการป้อนขยะที่ 13.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมงไม่เหมาะสมในการทดลองนี้ และเมื่อพิจารณาอัตราการป้อนขยะที่ต่ำลงมาคือ 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะเห็นว่าการเผาไหม้สามารถทำอย่างต่อเนื่องได้และมีประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูง เพราะฉะนั้นอัตราการป้อนขยะที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

6.3.1.3 อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 1.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ก อัตราการไหลของอากาศ

1 การทดลองตอนที่ 1.1

ในการทดลองนี้ ได้ทำการสุ่มตัวอย่างเทียบอัตราการไหลของอากาศกับอัตราการไหลของอากาศที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 1.07 และ 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมงแล้ว พบว่ามีค่า 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงเช่นเดียวกัน

2 การทดลองตอนที่ 1.2

จากรูปที่ 5-7 มีอัตราการป้อนขยะคงที่ที่ 7.80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศสูงขึ้น แนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และที่อัตราการไหลของอากาศ 147.06 กับ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อเริ่มทำการเผาไหม้ อุณหภูมิของเบดจะมีค่าลดลง เนื่องจากต้องใช้ความร้อนมาระเหยน้ำและสารระเหยในขยะที่ป้อนเข้าเตาเผา หลังจากนั้นอุณหภูมิของเบดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากขยะเกิดการเผาไหม้จะคายความร้อนจำนวนหนึ่งออกมา และเมื่อความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำและสารระเหยมีค่าเท่ากับความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของขยะและความร้อนที่ได้รับจากก๊าซแอลพีจีแล้ว ระบบการเผาไหม้จะเข้าสู่สภาวะสมดุล สังเกตได้จากอุณหภูมิของการเผาไหม้จะมีค่าคงที่ แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเป็น 197.87 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดลดลงอย่างมาก และการเผาไหม้ไม่สามารถทำอย่างต่อเนื่องได้ จากรูปที่ 5-32 จะเห็นว่าการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศจาก 187.17 เป็น 197.87 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงนั้น อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าลดลงจาก 99.89 เป็น 89.89 ดังนั้นอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือเมื่อเทียบกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าเป็น 2.80 เท่า

3 การทดลองตอนที่ 2

จากรูปที่ 5-10 มีอัตราการป้อนขยะคงที่ที่ 7.80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศ 3 ค่าคือ 200.97, 211.67 และ 227.62 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น แนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1.2 และที่อัตราการไหลของอากาศ 200.97 และ 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเห็นว่าเมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป อุณหภูมิของเบดจะมีค่าคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่ง และถ้าเพิ่มอัตราการไหลของอากาศมากขึ้นเป็น 227.62 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดจะมีค่าลดลง เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไปประมาณ 7 นาที เนื่องจากต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งมาทำการระเหยน้ำและสารระเหยออกจากขยะ และเมื่อการเผาไหม้ดำเนินต่อไปจะเห็นว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากขยะเมื่อเกิดการเผาไหม้จะให้ความร้อนส่วนหนึ่งออกมา แต่หลังจากนั้นพบว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงอย่างมาก นอกจากนั้นเมื่อสังเกตดูเปลวไฟในเตาเผาพบว่า ไม่ลุกสว่างเหมือนที่อัตราการไหลของอากาศค่าอื่นและมีควันเกิดขึ้นมาก แสดงว่าอัตราการไหลของอากาศที่ค่านี้มีค่ามากเกินไป ทำให้ลักษณะของเบดเป็นเบดเจือจางมาก ดังนั้นอุณหภูมิของเบดจึงมีค่าลดต่ำลงอย่างมากเมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป และ

ไม่สามารถทำการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ เมื่อพิจารณาอัตราการไหลของอากาศที่ต่ำลงมาคือ 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเห็นว่าการเผาไหม้สามารถดำเนินอย่างต่อเนื่องได้ และอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าสูงคือ 99.86 ดังแสดงในรูปที่ 5-33 ดังนั้นจึงแสดงว่าอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือเมื่อเทียบกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าเป็น 2.96 เท่า

ข อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือชยะ

1 การทดลองตอนที่ 1.1

เมื่อได้อัตราการไหลของอากาศคงที่ที่ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงแล้ว ทำการเพิ่มอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5-13 โดยก่อนการทดลองได้มีการสุ่มตัวอย่างอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ 2 ค่าคือ 6.73 และ 8.49 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ 6.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป พบว่าอุณหภูมิของเบดลดลง และคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่งตลอดการเผาไหม้ แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์เป็น 8.49 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงอย่างมาก นอกจากนั้นเปลวไฟภายในเบดไม่ลุกสว่างเหมือนกับอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่ 6.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป พบว่าไม่สามารถทำการป้อนตะกอนสลัดจ์อย่างต่อเนื่องได้ จากตารางที่ 5-12 เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ 6.73 กับ 8.49 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่ามีค่าลดลงจาก 99.92 เป็น 89.66 แสดงว่าอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่ 8.49 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไม่เหมาะสมในการทดลองนี้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่ค่าต่ำลงมาคือ 6.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าการเผาไหม้สามารถทำอย่างต่อเนื่องได้และมีประสิทธิภาพที่สูง แสดงว่าอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 6.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2 การทดลองตอนที่ 1.2

จากรูปที่ 5-16 มีอัตราการไหลของอากาศคงที่ที่ 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที และทำการเพิ่มอัตราการป้อนชยะสูงขึ้นจาก 9.69 เป็น 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าอัตราการป้อนชยะที่ 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป

อุณหภูมิของเบดจะคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่งตลอดการเผาไหม้ และเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนขยะสูงขึ้นเป็น 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมงอุณหภูมิของเบดเมื่อเวลาผ่านไปมีค่าลดต่ำลงอย่างมาก และไม่สามารถทำการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ ด้วยเหตุผลเดียวกับอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นอัตราการป้อนขยะที่ 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมงจึงไม่เหมาะสมในการทดลองนี้ เมื่อพิจารณาอัตราการป้อนขยะที่ 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าสามารถเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ และอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าสูงคือ 99.89 ดังแสดงในรูปที่ 5-29 แสดงว่าอัตราการป้อนขยะที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3 การทดลองตอนที่ 2

จากรูปที่ 5-19 เมื่อมีอัตราไหลของอากาศคงที่ที่ 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนขยะเพิ่มขึ้นจาก 9.69 เป็น 13.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าเมื่ออัตราการป้อนขยะเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของเบดมีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 2 ที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และที่อัตราการป้อนขยะ 9.69 และ 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่า เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป อุณหภูมิของเบดจะคงที่ที่ช่วงอุณหภูมิค่าหนึ่ง แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนขยะเป็น 13.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของเบดมีค่าลดต่ำลงอย่างมาก และไม่สามารถทำการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้ ดังเหตุผลเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1.2 จากรูปที่ 5-30 จะเห็นว่าเมื่ออัตราการป้อนขยะเพิ่มขึ้นจาก 10.99 เป็น 13.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าลดลงจาก 99.87 เป็น 94.80 ดังนั้นแสดงว่าอัตราการป้อนขยะที่ 13.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไม่เหมาะสมในการทดลองนี้ และเมื่อพิจารณาอัตราการป้อนขยะที่ต่ำลงมาคือ 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะเห็นว่าการเผาไหม้สามารถทำอย่างต่อเนื่องได้และมีประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูง เพราะฉะนั้นอัตราการป้อนขยะที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

6.3.2 สภาวะที่เหมาะสมในการทดลองตอนที่ 3

จากผลการทดลองตอนที่ 1 และตอนที่ 2 จะเห็นว่าการให้ความร้อนเข้าทางด้านล่างเตาเผา สามารถเผาขยะได้มากกว่าการให้ความร้อนเข้าทางด้านข้างเตาเผา ดังนั้นการทดลองนี้จะศึกษาเฉพาะค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจี โดยเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 2.05 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, 2.38 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและ 2.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อให้ความร้อนเข้าทางด้านล่างเตาเผาเช่นเดียวกันกับการทดลองในตอนที่ 2 แต่เพิ่มปริมาณ

ความร้อนขึ้น โดยใช้หัวเผาเพิ่มขึ้นเป็น 3 หัว ขนาดเตาเผามีเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มจากเดิมเป็น 20 เซนติเมตร และมีอากาศช่วยในการเผาไหม้ ก่อนทำการทดลอง ได้หาอัตราการไหลของอากาศและอัตราการป้อนขยะที่เหมาะสมแล้ว มีค่า 240.03 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงและ 28.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ จากรูปที่ 5-20 ที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 2.05 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อทำการเผาไหม้อุณหภูมิของเบดจะลดลงจาก 731 เป็น 726 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป 2 นาที และอุณหภูมิของเบดจะเพิ่มขึ้นจาก 726 เป็น 730 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาในการเผาไหม้ผ่านไป 4 นาที แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิของเบดลดลงอย่างมาก เมื่อสังเกตเปลวไฟในเตาเผา พบว่าไม่ลุกสว่างและเกิดควันอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงแรกที่อุณหภูมิของเบดตกลง เพราะต้องใช้ความร้อนมาระเหยน้ำและสารระเหยที่อยู่ในขยะออกไป หลังจากนั้นอุณหภูมิของเบดมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะขยะเกิดการลุกไหม้จะให้ความร้อนออกมา แต่เมื่อทำการเผาไหม้ต่อไป อุณหภูมิของเบดลดลงอย่างมาก เพราะว่าอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ค่านี้ ไม่สัมพันธ์กับอัตราการป้อนขยะและอัตราการไหลของอากาศ เนื่องจากความร้อนที่ได้รับจากก๊าซแอลพีจีมีค่าน้อยไม่เพียงพอกับความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำและสารระเหยในขยะ ดังนั้นอุณหภูมิเบดจึงลดลงอย่างมาก เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีเป็น 2.38 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าในช่วงแรกของการเผาไหม้ อุณหภูมิของเบดจะลดลง ดังเหตุผลเดียวกันกับที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 2.05 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่หลังจากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นและคงที่ที่อุณหภูมิค่าหนึ่งตลอดการเผาไหม้ เนื่องจากขยะเกิดการลุกไหม้จะให้ความร้อนออกมา และเมื่อปริมาณความร้อนที่ถูกใช้ไปในการระเหยน้ำกับสารระเหยมีค่าเท่ากับความร้อนที่ได้รับจากก๊าซแอลพีจีและความร้อนที่ขยะคายออกมาเมื่อเกิดการลุกไหม้แล้ว อุณหภูมิของเบดจะคงที่ ซึ่งแสดงว่าระบบการเผาไหม้เข้าสู่สภาวะสมดุล และเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีเป็น 2.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าแนวโน้มอุณหภูมิของเบดมีลักษณะเดียวกันกับอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 2.38 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอุณหภูมิของเบดที่คงที่มีค่าสูงกว่าเพียงเล็กน้อย ดังนั้นถ้าอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ต่ำกว่า แต่การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นมีลักษณะเดียวกัน และสามารถทำการเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่องแล้ว การเลือกอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ต่ำกว่าจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้ลง จากตารางที่ 5-15 พบว่าอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 2.38 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นมีอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิการเผาไหม้สูงที่สุดคือ 99.93 ถ้าให้อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีต่ำกว่าค่านี้ ประสิทธิภาพการเผาไหม้จะมีค่าลดลง โดยอุณหภูมิของเบดที่คงที่ในอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ค่านี้มีค่าอยู่ในช่วง 755 ถึง 760 องศาเซลเซียส ดังนั้นแสดงว่าอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่เหมาะสมในการทดลองนี้มีค่า 2.38 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

<u>สภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้</u>

สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองแต่ละตอน ตั้งแต่การทดลองตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 3 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6-1 ถึง 6-3

ตารางที่ 6-1 สภาวะที่เหมาะสมของการเผาไหม้ในการทดลองตอนที่ 1

อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ตะกอนสลัดจ์		ขยะ	
	อัตราการป้อน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	อัตราการไหลของอากาศ ($ม^3$/ชม.)	อัตราการป้อน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	อัตราการไหลของอากาศ ($ม^3$/ชม.)
1.07	4.09	187.17	5.29	187.17
1.40	6.73	187.17	9.69	187.17
1.69	6.73	187.17	9.69	187.17

ตารางที่ 6-2 สภาวะที่เหมาะสมของการเผาไหม้ในการทดลองตอนที่ 2

อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี (กิโลกรัม/ชั่วโมง	ขยะ	
	อัตราการป้อน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	อัตราการไหลของอากาศ ($ม^3$/ชม.)
1.07	6.50	211.67
1.40	10.99	211.67
1.69	10.99	211.67

ตารางที่ 6-3 สภาวะที่เหมาะสมของการเผาไหม้ในการทดลองตอนที่ 3

อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ขยะ	
	อัตราการป้อน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	อัตราการไหลของอากาศ ($ม^3$/ชม.)
2.38	28.00	240.03

การทดลองตอนที่ 1

จากตารางที่ 6-1 จะเห็นว่าการทดลองตอนที่ 1.1 มีอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมมีค่า 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือเมื่อเทียบกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าเป็น 2.80 เท่า อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมมีค่า 6.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีมีค่า 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นเมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเผาไหม้ที่สภาวะนี้แล้ว จึงทำการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์อย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 5-21 โดยใช้เวลาในการเผาไหม้นาน 600 นาที พบว่าหลังจากทำการเผาไหม้ไปแล้ว 30 นาที อุณหภูมิของเบดจะเข้าสู่สภาวะสมดุล มีค่าอยู่ในช่วง 761 ถึง 766 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงของการเผาไหม้ ประสิทธิภาพของการเผาไหม้มีค่าร้อยละ 99.86 และมีอัตราส่วนร้อยละของอากาศมากเกินพอมีค่า 61.05 ดังแสดงในตารางที่ 5-12

การทดลองตอนที่ 1.2 จะเห็นว่าที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีทั้ง 3 ค่าคือ 1.07, 1.40 และ 1.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมมีค่า 187.17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการป้อนขยะที่เหมาะสมในอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีทั้ง 3 ค่า จะเห็นว่าที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี 1.40 และ 1.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการป้อนขยะได้เท่ากันคือ 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นอัตราการป้อนขยะที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่เหมาะสมมีค่า 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้แล้ว จึงทำการเผาไหม้

ขยะอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 5-22 โดยใช้เวลาในการเผาไหม้นาน 500 นาที พบว่าหลังจากทำการเผาไหม้ไปแล้ว 20 นาที อุณหภูมิของเบดจะเข้าสู่สภาวะสมดุล มีค่าอยู่ในช่วง 762 ถึง 766 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงของการเผาไหม้ ประสิทธิภาพของการเผาไหม้มีค่าร้อยละ 99.89 และมีอัตราส่วนร้อยละของอากาศมากเกินพอมีค่า 62.32 ดังแสดงในตารางที่ 5-13

การทดลองตอนที่ 2

จากตารางที่ 6-2 จะเห็นว่าอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมมีค่า 211.67 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือเมื่อเทียบกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าเป็น 2.96 เท่า อัตราการป้อนขยะและอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่เหมาะสมมีค่า 10.99 และ 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้แล้ว จึงทำการเผาไหม้ขยะอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 5-23 โดยใช้เวลาในการเผาไหม้นาน 420 นาที พบว่าหลังจากทำการเผาไหม้ไปแล้ว 15 นาที อุณหภูมิของเบดจะเข้าสู่สภาวะสมดุล มีค่าอยู่ในช่วง 763 ถึง 766 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงของการเผาไหม้ ประสิทธิภาพของการเผาไหม้มีค่าร้อยละ 99.89 และมีอัตราส่วนร้อยละของอากาศมากเกินพอมีค่า 83.02

การทดลองตอนที่ 3

จากตารางที่ 6-3 จะเห็นว่าอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมมีค่า 240.03 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือเมื่อเทียบกับความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันมีค่าเป็น 2.55 เท่า อัตราการป้อนขยะและอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่เหมาะสมมีค่า 28.00 และ 2.38 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้แล้ว ทำการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 380 นาที ดังแสดงในรูปที่ 5-24 พบว่าการเผาไหม้จะเข้าสู่สภาวะสมดุลเมื่อทำการเผาไหม้ไปแล้ว 20 นาที อุณหภูมิของเบดอยู่ในช่วง 762 ถึง 767 องศาเซลเซียส อัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพการเผาไหม้และอากาศมากเกินพอมีค่า 99.93 และ 94.11 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5-15

เมื่อเปรียบเทียบการทดลองตอนที่ 1 และตอนที่ 2 จะเห็นว่าการให้หัวเผาเข้าทางด้านล่างของคอลัมน์และมีอากาศช่วยในการทดลองตอนที่ 2 สามารถทำการเผาไหม้ขยะเพิ่มขึ้นจาก 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็น 10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้น 0.13 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการป้อนขยะของการทดลองตอนที่ 2 และตอนที่ 3 จะเห็นว่ามีค่าเพิ่มขึ้นจาก

10.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็น 28.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมงหรือเพิ่มขึ้น 1.55 เท่า ดังนั้นจากผลการทดลองทั้งหมดแสดงว่า ในสภาวะที่การทดลองค่าหนึ่งอัตราการไหลของอากาศจะมีค่าคงที่ และการเพิ่มอากาศช่วยกับการให้ความร้อนเข้าทางด้านล่างเตาเผาจะสามารถเผาขยะได้เพิ่มขึ้น รวมทั้งการเพิ่มความร้อนในการเผาไหม้โดยเพิ่มจำนวนหัวเผาที่เข้าเตาเผา ก็จะทำให้สามารถเผาขยะได้เพิ่มขึ้น

6.4 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการเผาขยะ

จากการทดลองเผาตะกอนสลัดจ์และขยะในเตาเผาฟลูอิไดซ์เบด พบว่าค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้โดยระบบนี้จะขึ้นกับ

- ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องเป่าอากาศ, เครื่องป้อนขยะ, เครื่องปั๊มน้ำ และเครื่องดูดอากาศ
- ปริมาณก๊าซแอลพีจีที่ใช้

จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่าค่าใช้จ่ายปริมาณกระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยมีค่า 6.03 บาทต่อชั่วโมง (แสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ฉ) ส่วนค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจีที่ใช้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 11.48 บาทต่อชั่วโมงถึง 28.86 บาทต่อชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 6-4 ซึ่งมีค่าสูงเป็น 2-5 เท่าของค่ากระแสไฟฟ้า แสดงว่าค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเผาไหม้จะขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจี และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ใช้สำหรับก๊าซแอลพีจีต่อการเผาขยะ 1 กิโลกรัม ที่สภาวะเหมาะสมในการทดลองแต่ละตอน โดยตอนที่ 1 มีอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์และขยะมีค่า 6.73 และ 9.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และตอนที่ 2 กับตอนที่ 3 มีอัตราการป้อนขยะมีค่า 10.99 และ 28.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 6-5

ตารางที่ 6-4 ค่าใช้จ่ายที่ใช้ของก๊าซแอลพีจี

อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจี (บาทต่อชั่วโมง)
1.07	11.48
1.40	15.02
1.69	18.13
2.38	25.54

ตารางที่ 6-5 ค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจีต่อการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์หรือขยะ 1 กิโลกรัม ที่สภาวะเหมาะสมของการทดลอง

อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจีในการทดลอง (บาทต่อขยะ 1 กิโลกรัม)				เวลาที่ใช้ในการเผา (นาที)			
	ตอนที่ 1.1	ตอนที่ 1.2	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	ตอนที่ 1.1	ตอนที่ 1.2	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3
1.07	2.81	2.17	1.77	-	14.67	11.34	9.23	-
1.40	2.23	1.55	1.37	-	8.92	6.19	5.46	-
1.69	2.69	1.87	1.65	-	8.92	6.19	5.46	-
2.38	-	-	-	0.91	-	-	-	2.14

จากตารางที่ 6-5 พบว่าในการทดลองตอนที่ 1 และ 2 ที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะมีค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์และขยะมีค่าต่ำกว่าที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีที่ 1.07 และ 1.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเวลาในการเผาไหม้ขยะที่อัตราการไหลก๊าซแอลพีจี 1.40 และ 1.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากัน ดังนั้นอัตราการไหล

ของก๊าซแอลพีจีที่เหมาะสมในการทดลองตอนที่ 1 และตอนที่ 2 คือ 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์ในการทดลองตอนที่ 1.1 กับการเผาไหม้ขยะในการทดลองตอนที่ 1.2 โดยมีสภาวะที่ใช้เหมือนกัน จะเห็นว่าการเผาไหม้ขยะมีค่าต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนสลัดจ์มีความชื้นสูงกว่าขยะและพลังงานความร้อนที่ให้ออกมามีค่าต่ำกว่า ทำให้ต้องใช้ปริมาณของก๊าซแอลพีจีมากกว่าการเผาไหม้ขยะในปริมาณที่เท่ากัน สังเกตได้จากเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ตะกอนสลัดจ์ 1 กิโลกรัมมีค่าสูงกว่าการเผาไหม้ขยะ 1 กิโลกรัม ดังนั้นค่าใช้จ่ายจึงมีค่าแพงกว่าการเผาขยะ และเมื่อเปรียบเทียบการเผาไหม้ขยะโดยมีทิศทางการให้ความร้อนเข้าเตาเผาแตกต่างกัน ในการทดลองตอนที่ 1.2 กับ การทดลองตอนที่ 2 และ 3 จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจีในการทดลองตอนที่ 1.2 มีค่าแพงกว่าการทดลองตอนที่ 2 และ ตอนที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนเข้าทางด้านข้างเตาเผาในการทดลองตอนที่ 1.2 จะเผาขยะได้น้อยกว่าการให้ความร้อนเข้าทางด้านล่างเตาเผา และเมื่อเปรียบเทียบการเผาไหม้ขยะในการทดลองตอนที่ 2 และตอนที่ 3 โดยมีทิศทางการให้ความร้อนเข้าเตาเผาทางด้านล่างเหมือนกัน แต่เพิ่มปริมาณความร้อนที่เข้าเตาเผามากขึ้น จะเห็นว่าการเพิ่มปริมาณความร้อนเข้าเตาเผาในการทดลองตอนที่ 3 ใช้เวลาในการเผาไหม้ขยะ 1 กิโลกรัม ลดลงประมาณ 2.5 เท่าของการทดลองตอนที่ 2 (ที่อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) และค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจีมีค่าถูกกว่า เนื่องจากสามารถเผาขยะได้ปริมาณมากเพิ่มขึ้น