

การศึกษาและออกแบบเตาเผาจากตะกอนแบบฟลูอิดไดซ์เบด

A Study Design of Fluidized-Bed Sludge Incinerator

เสรีย์ ตูประกาย

Seree Tuprakay

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง หัวหมาก บางกะปิ กรุงเทพฯ 10241
Environmental Engineering Department, Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University, Huamark, BKK 10241

พจนีย์ ขุมมงคล นฤมล วิเธอร์ ฮาร์วีย์ และ ปฐม ชัยพุกขสกล

P. Khummongkol, N. W. Harvey, P. Chaiyapruksaton

สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ

Division of Environmental Technology, School of Energy and Materials, KMUTT, BKK 10140

บทคัดย่อ

เตาเผาจากตะกอนแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่ออกแบบสร้างขึ้นในการศึกษานี้ มีรูปทรงกระบอก หล่อด้วยคอนกรีตทนไฟ (Cast-13) เส้นผ่านศูนย์กลางนอก 0.6 เมตร ที่ส่วนเผาไหม้ (Combustion zone) มีเส้นผ่านศูนย์กลางใน 0.2 เมตร และ ที่ส่วนขยายด้านบน (Freeboard) มีเส้นผ่านศูนย์กลางใน 0.4 เมตร ระบบต่าง ๆ ในเตาเผาที่สร้างขึ้นจะมีลักษณะใกล้เคียงกับที่ใช้ในระบบใหญ่ ประกอบด้วย ระบบป้อนอากาศ ระบบป้อนเชื้อเพลิงแบบสกรู ระบบวัดความดัน ระบบวัดอุณหภูมิ ไซโคลน ระบบอุ่นเบด ระบบกระจายลมแบบแผ่นเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร 30 รูต่อตารางเซนติเมตร ติดตั้งท่อน้ำรับความร้อนภายในบริเวณเหนือเบด เพื่อนำความร้อนสูญเสียมาใช้ประโยชน์

จากการศึกษาการเผาไหม้ของเตาเผาที่อุณหภูมิ 35 °C และความดันมาตรฐาน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมอยู่ที่ อัตราการป้อนก๊าซ LPG 4.35 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปริมาณอากาศสำหรับฟลูอิดไดซ์ที่ 32 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และอากาศผสมกับก๊าซ LPG ในหัวเผา (Primary air) ที่ 7.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากการศึกษาอัตราการป้อนกากตะกอนที่ปริมาณ 10 15 20 25 และ 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 95.62 % ที่อัตราการป้อนกากตะกอน 15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอนสูงสุด 95.39 % ที่ อัตราการป้อนกากตะกอน 10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในกรณีการเผาไหม้กากตะกอนบำบัดน้ำเสียชนิดเปียก โดยไม่ใช้ก๊าซหุงต้มช่วยในการเผาไหม้ พบว่าไม่สามารถเผาไหม้ได้ และตรวจสอบก๊าซเสียที่เกิดจากการเผาไหม้คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 107-3,322 ppm. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) 200-874 ppm. ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) 51-148 ppm.

ABSTRACT

The cylindrical incinerator was designed and built with refractor concrete(Cast-13), with dimensions of 0.6 m. OD., 0.2 m. ID. at combustion zone, and 0.4 m. OD. at freeboard. Other auxiliaries included induced draft fans, a screw sludge feeder, a temperature/pressure system, an electronic control system, a cyclone, a preheat burner as well as a perforated distributor windbox (1 mm. ϕ with 30 holes/sq.cm.) and utilize the waste heat, water tubes were installed inside the overbed area

At temperature 35 °C and standard pressure, the suitable conditions for sludge decomposition of this incinerator were found to be 4.35 kg/hr LPG flow rate, 32 m³/hr. fluidizing air and 7.5 m³/hr. pre-mix-air for LPG. The sludge feeding was, then, varied at 10, 15, 20, 25, and 30 kg/hr. The maximum combustion efficiency was found to be 95.62 % at sludge feeding rate 15 kg/hr. In the same manner, the maximum destruction efficiency was found to be 96.67 % at sludge feeding rate 10 kg/hr. The combustion of wet sewage sludge without LPG supply was not sustainable. The emissions of CO was measured to be 107-3,322 ppm., NO_x 51-148 ppm. And SO₂ 200-874 ppm.

Keywords : Fluidized-bed / Sludge Incinerator / Incinerator / Fluidized-bed / Sludge Incinerator

คำสำคัญ : ฟลูอิดไดซ์เบด / เตาเผาจากตะกอน / เตาเผา / เตาเผาจากตะกอนแบบฟลูอิดไดซ์เบด

RECEIVED 9 JULY, 2001

ACCEPTED 5 NOVEMBER, 2001

บทนำ

การกำจัดกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมีหลายวิธี เช่น ผึ่งกลบ ข่อยสลาย เผาทิ้ง เป็นต้น ซึ่งวิธีการกำจัดกากตะกอนที่ได้ผลวิธีหนึ่งคือ การเผากากตะกอนด้วยเตาเผาแบบฟลูอิดไคซ์เบด

เตาเผากากตะกอนแบบฟลูอิดไคซ์เบดมีโดยทั่วไปใช้ ทราหรือถ่าน เป็นเบด ตัวเบดช่วยเก็บความร้อนทำให้เตาเสถียร ไม่ดับง่ายและการเผาไหม้ในเตาเป็นไปอย่างทั่วถึง จึงทำให้อุณหภูมิในเตาเผามีค่าสม่ำเสมอ อยู่ในช่วง 700-800 °C เมื่อป้อนกากตะกอนเข้าสู่เตาเผาแล้ว กากตะกอนได้รับความร้อนจากเบด ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ส่วนเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ในเตาเผา จะถูกเบดที่เคลื่อนที่อย่างรุนแรง ทำให้เถ้าแตกเป็นชิ้นเล็กละเอียดเท่า ๆ กัน ถูกเป่าไปกับก๊าซเผาไหม้ และถูกดักด้วยเครื่องกำจัดฝุ่น นอกจากนั้นก๊าซเผาไหม้ที่ได้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ต่อไปได้ [1] สำหรับการออกแบบเตาเผากากตะกอนนั้น ในปี ค.ศ. 1974 Liao [2] ได้ทำการศึกษาดัวแปรที่มีผลต่อการใช้งานของเตาเผากากตะกอนแบบฟลูอิดไคซ์เบดในสหรัฐอเมริกาประมาณ 11 แห่ง ดัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อัตราการป้อนกากตะกอน อัตราการเผาไหม้ อุณหภูมิในเตาเผาตามจุดต่าง ๆ เป็นต้น แล้วนำข้อมูลไปสร้างความสัมพันธ์เป็นสมการ ที่ใช้คำนวณออกแบบเตาเผากากตะกอนแบบฟลูอิดไคซ์เบดได้ และได้มีการพัฒนามาเรื่อยจนถึงในปี ค.ศ. 1993 Joseph, Inumaru และ Nagoto [3] ทำการวิจัยเตาเผากากตะกอนแบบ Twin Interchanging Fluidizing Motion (TIF) โดยการออกแบบให้พื้นของฐานทราลาดเอียง ผันเจตมีงานเบี่ยง (Deflector Plate) กล่องลม (Wind Box) แยกเป็น 3 ส่วน โดยอัตราการไหลของอากาศของด้านข้างทั้ง 2 ข้างจะมีค่ามากกว่าค่าอัตราการไหลอากาศที่ไหลผ่านส่วนกลาง เพื่อให้ทราเกิดการหมุนวน ผลการทดลองพบว่าสามารถเผาผลาญ (Solid Waste) ได้ในอัตรา 1,830 kg/hr. (4,025 lbs./hr.) กากตะกอน (Sludge Waste) ในอัตรา 1,770 kg/hr. (3,894 lbs./hr.) Liquid waste 900 kg/hr. (1,989 lbs./hr.) และมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ถึง 99 %

อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การคำนวณออกแบบเตาเผาจะต้องทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเบด และสมบัติของกากตะกอนก่อน แล้วทำการคำนวณออกแบบตามเอกสารอ้างอิงที่ [4]-[6]

เตาเผากากตะกอนแบบฟลูอิดไคซ์เบด สร้างด้วยเหล็กรูปทรงกระบอก หนา 4.5 mm. หล่อด้วยคอนกรีตทนไฟ (Cast-13) ส่วนประกอบรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 1

เตาเผาที่สร้างขึ้นมีอุปกรณ์ประกอบอยู่ 9 ส่วน คือตัวเตากล่องลมและตัวกระจายอากาศ ระบบป้อนเชื้อเพลิง ระบบป้อนอากาศ ระบบจุดอุณหภูมิ ไชโคเลน ระบบวัดอุณหภูมิ ระบบวัดอัตราการไหล และท่อน้ำรับความร้อนภายในบริเวณเหนือเบด [7]

การวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซเผาไหม้ โดยองค์ประกอบของก๊าซเผาไหม้ที่เกิดจากการเผาไหม้ได้แก่ CO SO₂ NO_x ตรวจวัดหน่วยเป็นหนึ่งส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (ppm.) ด้วยเครื่อง Combustion Analyzer Bacharach Model 300 ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการเคมีไฟฟ้า

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของเตาเผากากตะกอนแบบฟลูอิดไคซ์เบด

	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm.)	ความสูง (cm.)	
ส่วนที่หนึ่ง	20	40	ก
ส่วนที่สอง	20	20	ข
ส่วนที่สาม	20,40	40	ค
ส่วนที่สี่	40	40	ง
ส่วนที่ห้า	40	40	จ

ทราที่นำมาใช้เป็นเบดมีขนาด 1.00-1.40 มิลลิเมตร อุณหภูมิให้ร้อนด้วยหัวเผา LPG ซึ่งจะติดตั้งที่ระหว่างทอน ข ของตัวเตาเผา (ดังแสดงในรูปที่ 1) ส่วนระบบป้อนกากตะกอนจะติดตั้งด้านบนสุดของเตาเผา และจะติดตั้งเครื่องดักฝุ่น (Cyclone) สำหรับดักฝุ่นจากก๊าซเผาไหม้

ผลการทดลอง

สมบัติทางกายภาพของเบดที่วิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ส่วนสมบัติของกาก-ตะกอนโดยประมาณและโดยละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของทราที่เป็นเบด

คุณสมบัติ	ผลการทดลอง	หน่วย
ขนาดของทรา (d_p)	1-1.4	mm.
สัดส่วนช่องว่าง (ϵ_m)	0.42	
ความกลม (ϕ_s)	0.86	
ความหนาแน่น (ρ_s)	2.51	g/cm. ³
ความสูงของเบดนิ่ง (L_m)	20	cm.
ความเร็วต่ำสุดในการฟลูอิดไคซ์		
-จากการทดลอง	2.78	m./s
-จากสมการ Wen & Yu	81.38	cm./s

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยผลวิเคราะห์อย่างประมาณ (Approximate analysis) ของ

กากตะกอน			
สมบัติ (% by wt.)	ปริมาณ ความชื้น	ปริมาณ สารระเหย	ปริมาณ เถ้า
ห้วยขวาง ^a	82.08	5.33	12.59
มจร. ^b	74.18	11.25	14.57
บ.ปัญจพล ^c	74.64	20.38	4.98
สี่พระยา ^d	82.4	17.6	8.8

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์อย่างละเอียด (Ultimate analysis) ของ

กากตะกอน						
สมบัติ (% by wt.)	C	H	N	S	O ₂	HHV ^E (J/g.)
ห้วยขวาง ^a	3.80	10.26	0.49	0.23	78.94	11,055.94
มจร. ^b	6.70	9.07	0.81	0.19	68.66	-
ปัญจพล ^c	8.11	-	-	-	-	11,399.17
สี่พระยา ^d	2.8	4.6	0.5	0.3	81.8	-

^a กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนเขตห้วยขวาง

^b กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

^c กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียบริษัทปัญจพลคอเปอร์เรชั่น

^d กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา

^E ค่าความร้อนของกากตะกอน

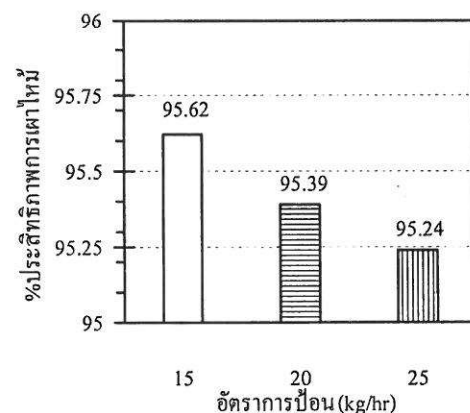
การทดสอบระบบเผาไหม้ได้ทำการทดสอบที่อัตราการป้อนกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง ที่ 10-90 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และทำการตรวจสอบอุณหภูมิในบริเวณเบด เหนือเบด ฟรีบอร์ด ดังแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด ณ บริเวณตรวจวัดในตารางที่ 5 อัตราการป้อนก๊าซ LPG 4.35 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปริมาณอากาศสำหรับฟลูอิดไคซ์ที่ 32 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และอากาศผสมกับก๊าซ LPG ในหัวเผา (Primary air) ที่ 7.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากการทดสอบอัตราการเผาไหม้กากตะกอนพบว่าที่อัตราการป้อนที่มากกว่า 40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไม่เหมาะสมสำหรับเตาเผาที่จัดสร้างขึ้นนี้ เนื่องจากเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และอุณหภูมิภายในเตากับลดลงอย่างต่อเนื่องจนดับ

ที่อัตราการป้อนต่าง ๆ กัน พบว่าอุณหภูมิเหนือเบดมีพฤติกรรมมีอุณหภูมิในช่วง 600-900 °C ส่วนอุณหภูมิฟรีบอร์ด ซึ่งมีอุณหภูมิในช่วง 500-700 °C พบว่าอุณหภูมิ ตำแหน่งเหนือเบด และฟรีบอร์ดทั้งสอง ไม่คงที่มีความแปรปรวนสูง ดังนั้นในการควบคุมเตาเผาแบบฟลูอิดไคซ์เบดส่วนใหญ่ จึงไม่พิจารณาอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งทั้งสอง แต่พิจารณาเฉพาะอุณหภูมิในเบดที่มีความคงที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นเท่านั้น

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด ณ บริเวณจุดตรวจวัดกับอัตราการป้อนกากตะกอน 10-90 kg/hr. ของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง

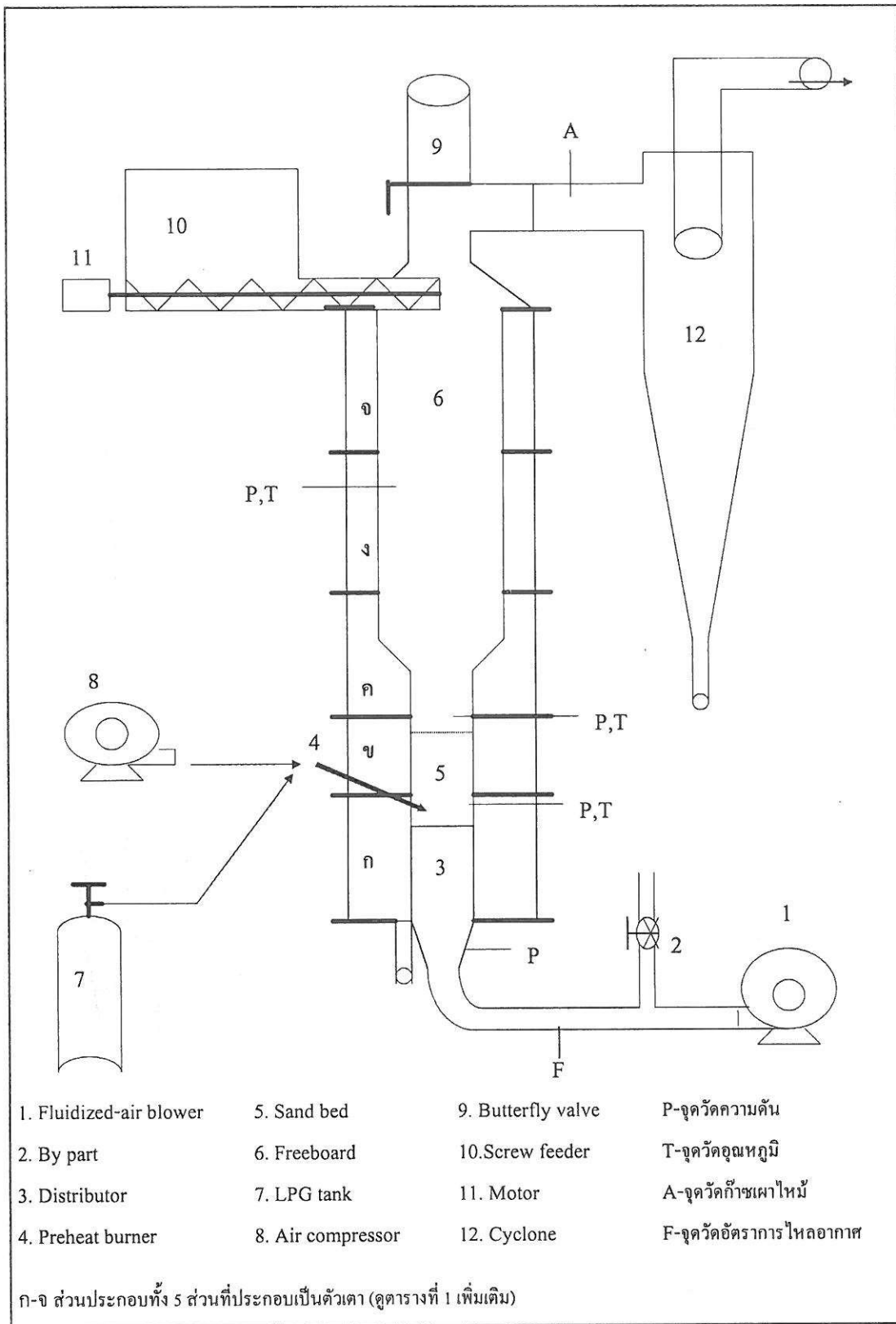
อัตราการป้อน (kg./hr.)	อุณหภูมิสูงสุด ณ บริเวณ (°C)		
	ในเบด	เหนือเบด	ฟรีบอร์ด
10	651	854	647
15	651	867	649
20	652	890	692
25	654	886	681
40	679	958	801
50	670	870	653
90	673	852	691

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่อัตราการป้อนต่าง ๆ ของกากตะกอนจาก โรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง ดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่าที่อัตราการป้อน 15 kg/hr ให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ สูงกว่าที่ 20 kg/hr

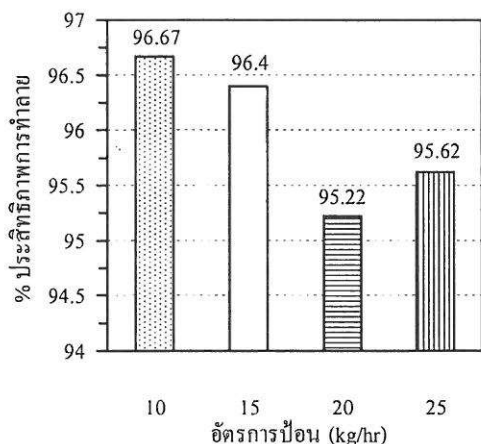


รูปที่ 2 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่อัตราการป้อนต่าง ๆ ของกากตะกอนห้วยขวาง

ประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอนที่อัตราการป้อนต่าง ๆ ของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง ในการวิจัยครั้งนี้ นอกจากพิจารณาประสิทธิภาพการเผาไหม้แล้ว ยังพิจารณาจากประสิทธิภาพการทำลายด้วย ดังได้แสดงผลในรูปที่ 3 ประสิทธิภาพการทำลายสามารถ บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเตาเผาที่สามารถลดปริมาณของกากตะกอนเปียกที่ป้อนเข้าไปเผาได้

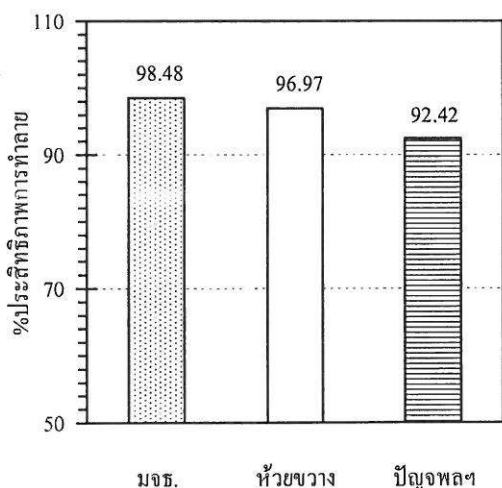


รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเตาเผาอากาศก่อนแบบฟลูอิดไคซ์เบดที่สร้างขึ้น

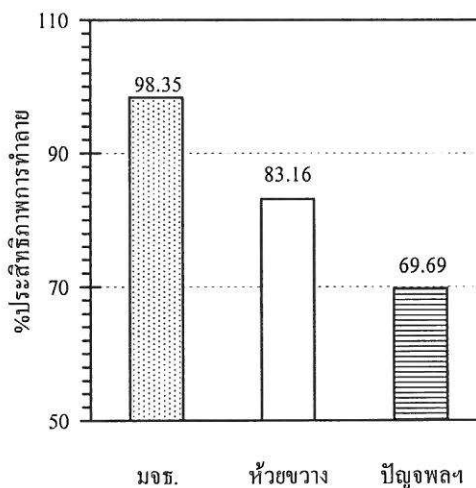


รูปที่ 3 ประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอนที่อัตราการป้อนต่าง ๆ ของกากตะกอนห้วยขวาง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เตาเผากากตะกอนแบบฟลูอิดไคซ์เบดที่จัดสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอน ที่อัตราการป้อนกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวางในช่วง 10 - 25 kg./hr. มีค่ามากกว่า 95 % แม้พบว่าที่อัตราการป้อนกากตะกอน 25 kg./hr. มีประสิทธิภาพการทำลายสูงกว่าอัตราการป้อนกากตะกอน 20 kg./hr. ดังนั้นประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอนเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถพิจารณาประสิทธิภาพของเตาเผากากตะกอนได้



a) น้ำหนักเปียก



b) น้ำหนักแห้ง

รูปที่ 4 ประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอนจากแหล่งต่าง ๆ

ผลการทดลองเผากากตะกอนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจร.) และบริษัทปัญงพลคอร์ปอเรชั่น ที่อัตราการป้อนกากตะกอน 10 kg./hr. เช่นเดียวกันกับการป้อนกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง เพื่อทดสอบว่าเตาเผาที่ออกแบบและจัดสร้างขึ้น โดยใช้ข้อมูลของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวางนั้น ให้ประสิทธิภาพเช่นเดียวกันหรือไม่ ถ้าใช้กากตะกอนจากแหล่งอื่น ซึ่งมีสมบัติต่างกันออกไป และจากการทดลองได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 โดยผลการวัดอุณหภูมิที่บริเวณจุดวัดในเบด เหนือเบด และพรีบอร์ด

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด ณ บริเวณจุดวัดต่าง ๆ กับตะกอนจากแหล่งต่าง ๆ ที่อัตราการป้อน 10 kg./hr.

ตะกอนจาก	อุณหภูมิสูงสุด ณ บริเวณ (°C)		
	ในเบด	เหนือเบด	พรีบอร์ด
มจร.	651	917	637
ห้วยขวาง	647	915	638
ปัญงพลฯ	652	858	576

ในรูปที่ 4 a) เป็นการแสดงการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอนจากแหล่งต่าง ๆ ที่ความชื้นไม่เท่ากัน ส่วนรูปที่ 4 b) เป็นค่าประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอนจากแหล่งต่าง ๆ ที่น้ำหนักแห้ง

การศึกษาดูการวัดก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จากการเผา
กากตะกอนที่อัตราการป้อน 20 kg./hr. ของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำ
เสียห้วยขวาง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซเผาไหม้ สามารถตรวจวัด
องค์ประกอบก๊าซเผาไหม้ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยที่มีเพียงก๊าซ
คาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปริมาณสูงมากจนทำให้เครื่องตรวจวัดไม่
สามารถวัดค่าได้ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และส่งผลต่อค่าดังกล่าวเกิดจาก
ความชื้นในกากตะกอนที่มีค่าสูงถึง 82.08 % เป็นตัวรบกวนการเผาไหม้
คาร์บอนที่อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ให้หมดจากห้องเผา

ตารางที่ 7 ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซไอเสียจากการเผากากตะกอนที่
อัตราการป้อน 20 kg./hr. จากโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง

ก๊าซที่ทำการ ตรวจวัด	มฐ.การ* ปลดปล่อยของ กฟ.	ปริมาณที่วัดได้ในช่วงเวลา ที่เดินเตา 31 นาที (ppm.)	
		ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
NO _x	< 250	148	51
CO	-	3,322	107
SO ₂	< 30	874	200
O ₂	-	7.7	0.9

*http://www.pcd.go.th/Information/Regulations/air_noise/point/Thai.htm

สำหรับประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนใช้ประโยชน์ อยู่
ในช่วง 34-37 % คุณภาพพลังงานความร้อนที่ได้จากการถ่ายเทความร้อน
พบว่ามีศักยภาพเพียงพอที่สามารถผลิตน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิในช่วง
35-100 °C ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของท่อน้ำร้อนเหนือเบด
อยู่ในช่วง 204-218 W/m²K และปริมาณความร้อนที่เหลือจาก
กระบวนการเผาไหม้ในส่วนต่าง ๆ ได้ 63-66 % [7] โดยปรับปรุง
เงื่อนไขใหม่ ใช้ปริมาณก๊าซ LPG 2.4 kg./hr. อัตราการป้อนอากาศผสม
ก๊าซ LPG ก่อนการเผาไหม้ 14 m.³/hr. อากาศสำหรับฟลูอิดไดซ์ 171
m.³/hr. และใช้กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา

ส่วนค่าพลังงานความร้อนจากการเผากากตะกอน และก๊าซ
LPG โดยคำนวณจากสมการ(1)-(5)ต่อไปนี้โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ
ประสิทธิภาพการเผาไหม้

$$\eta_c = \frac{[Q_{\text{sludge}} + Q_{\text{LPG}}] - Q_{\text{CO}} - Q_{\text{ash}}}{[Q_{\text{sludge}} + Q_{\text{LPG}}]} \quad (1)$$

$$Q_{\text{sludge}} = (\% \text{sludge} \times \text{wt.})(\text{HHV}_{\text{sludge}})(\text{flowrate}_{\text{sludge}}) \quad (2)$$

$$Q_{\text{LPG}} = (\text{HHV}_{\text{LPG}})(\text{flowrate}_{\text{LPG}}) \quad (3)$$

$$Q_{\text{CO}} = (\text{HHV}_{\text{CO}})(\text{flowrate}_{\text{CO}}) \quad (4)$$

$$Q_{\text{ash}} = (\text{HHV}_{\text{ash}})(\text{flowrate}_{\text{ash}}) \quad (5)$$

เมื่อ

η_c คือประสิทธิภาพการเผาไหม้, %

HHV คือปริมาณความร้อน, kJ/kg.

ที่อัตราการป้อนกากตะกอน 20 kg./hr. และก๊าซ LPG

4.278 kg./hr. ได้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ 96.55 %

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

สภาวะที่เหมาะสม สำหรับการเผาไหม้ของเตาเผากาก
ตะกอนแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่สร้างขึ้น ที่อุณหภูมิ 35 °C ความดัน
มาตรฐาน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมอยู่ที่ อัตราการป้อนก๊าซ LPG 4.35
กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปริมาณอากาศสำหรับฟลูอิดไดซ์ที่ 32 ลูกบาศก์
เมตรต่อชั่วโมง และอากาศผสมกับก๊าซ LPG ในหัวเผา (Primary air)
ที่ 7.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ที่อัตราการป้อนกากตะกอน 10 kg/hr เตาเผามี
ประสิทธิภาพการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอน
จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวางมากกว่า 90 %

ประสิทธิภาพการทำลายกากตะกอนนั้น กับสมบัติของกาก
ตะกอนด้วย การเผาไหม้น่าจะเกิดได้ดีกับกากตะกอน ที่มีองค์ประกอบ
คาร์บอนที่เผาไหม้ได้สูง ซึ่งแสดงในประสิทธิภาพการ เผาไหม้ของ
กากตะกอนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เทียบกับ
กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง สำหรับกากตะกอน
จากบริษัทปัญจพลคอร์ปอเรชั่นถึงแม้ว่าจะมีปริมาณคาร์บอนสูงสุด
แต่ประสิทธิภาพการทำลายต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องมาจากคาร์บอนที่มีอยู่ใน
รูปที่เผาไหม้ได้ยาก หรืออาจมีปริมาณมากเกินไปออกซิเจนของ
เตาเผาฯ จะรองรับได้

ในการศึกษาปริมาณก๊าซไอเสีย ที่ปลดปล่อยจากระบบ
เตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดของเตาเผาไหม้กากตะกอน มี SO₂ NO_x CO พบว่า
CO มีปริมาณสูงมาก ซึ่งเกิดจากปริมาณความชื้นที่อยู่ในกากตะกอนมี
ผลทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และอัตราไหลเชิงมวลของมวลสารที่
ผ่านเข้าออกระบบสูงมาก

การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการถ่ายเท
ความร้อนใช้ประโยชน์ กับปริมาณความร้อนใช้ประโยชน์จากระบบ
ต่อน้ำหนักกากตะกอนที่ทำการเผาไหม้ พบว่าปริมาณความร้อนใช้
ประโยชน์ต่อน้ำหนักกากตะกอนอยู่ช่วง 3,419-7,595 กิโลจูลต่อ
กิโลกรัม เนื่องจากกากตะกอนมีความชื้นสูงทำให้อิทธิพลของการ

ถ่ายเทความร้อนโดยการพาของก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้กากตะกอนที่มีความชื้นสูงมีอัตราไหลเชิงมวลที่สูง สามารถเคลื่อนตัวพาความร้อนผ่านสับริเวฟร็อบรด์ได้ดี จึงมีผลให้สามารถแลกเปลี่ยนความร้อนกับท่อนำรับความร้อนได้ดี[7]

เอกสารอ้างอิง

- [1] Damronglerd, S., Tangharat, V., Supsavethirum, V. and Kerdjeam, P., 1994, "Combustion of Solid Waste in a Fluidized Bed," Royal Institute Journal, Vol.3, August, pp.43-53.
- [2] Liao, P.B., 1974, "Fluidized-bed Sludge Incinerator Design," Journal of Water Pollution Control Federation, Vol.46, No.8, August, pp.1895-1913.
- [3] Joseph, L.D., Inumaru, N.S., Nagoto, S., 1993, "Industrial Waste and Sludge Fired FBC Experience," Proceeding of the 1993 International Conference on Fluidized Bed Combustion, ASME, Sandiego, California, 1993 Vol.2, pp.743-749.
- [4] Basu, P. and Fraser, S.A., 1991, Circulating Fluidized Bed Boilers, USA., Butterworth-Hinemann, p.304.
- [5] Kunii, D. and Levenspile, O., 1991, Fluidization Engineering, USA., Butteworth-Heinemann, Second Ed., pp. 61-113.
- [6] เบ็ญจวรรณ วณวิษาเขนทร์, 2537, การพัฒนาระบบเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า128-142
- [7] ปฐม ชัยพฤษกุล, 2542 ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนใช้ประโยชน์ในเตาเผากากตะกอนแบบฟลูอิดไดซ์เบด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 84 หน้า