

การศึกษาการเผาไหม้กากตะกอนจากกระบวนการผลิตกระดาษ A Study of Incineration of Sludge from Paper Manufacturing Process

มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล ธนพงษ์ สุริเย
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ 10330
โทร 0-22186642 โทรสาร 0-22186642 E-mail: fmemtt@eng.chula.ac.th, sthanapong@hotmail.com

Mingsak Tangtrakul Thanapong Suriye
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Bangkok 10330
Tel: 0-22186642 Fax: 0-22186642 E-mail: fmemtt@eng.chula.ac.th, sthanapong@hotmail.com

บทคัดย่อ

การกำจัดกากตะกอนจากกระบวนการผลิตกระดาษเริ่มจากการอบกากตะกอนให้แห้งเพื่อไล่ความชื้น ในการทดลองครั้งนี้กากตะกอนที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะมีความชื้นเหลืออยู่ 15% หลังจากนั้นนำกากตะกอนที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาทำการบดเพื่อลดขนาดของอนุภาคลงให้เหลือประมาณ 2-3 มิลลิเมตร จากนั้นนำกากตะกอนดังกล่าวไปเผาในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบด โดยใช้ทรายเป็นเบด พบว่าสามารถเผากากตะกอนได้ที่ช่วงอุณหภูมิ 850-950 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็วของอากาศในช่วง 0.13-0.19 เมตร/วินาที หรือประมาณ 1.05-1.50 เท่าของความเร็วต่ำสุด ในการเกิดฟลูอิดไดซ์ชันและมีอัตราส่วนอากาศต่อกากตะกอน 2.55:1-3.72:1 อุณหภูมิก๊าซเสียที่ออกมาจากการเผาไหม้อยู่ในช่วง 446-651 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพที่ได้จากการเผากากตะกอนดังกล่าวอยู่ในช่วง 84.93-90.03 % ความร้อนของก๊าซเสียที่ได้จากการเผาไหม้อาจจะนำกลับไปอบแห้งกากตะกอนและอาจนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้

Abstract

In this research, the combustion of sludge from paper manufacturing process in fluidized bed furnace was experimented. Dry sludge to decrease moisture to 15%. Crush dry sludge for minimum size of 2-3 mm. The combustion of dry sludge in fluidized bed of sand bed. The result of research shows that the combustion temperature in the bed is in range of 850-950 °C for air velocity is in range of 0.13-0.19 m/s with air/fuel ratio is in

range of 2.55:1-3.72:1 flue gas is in range of 446-651 °C and the combustion efficiency of sludge is in range of 84.93-90.03%

1. บทนำ

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เริ่มให้ความสำคัญถึงการประหยัดพลังงานในโรงงานเพิ่มมากขึ้น และหันมาให้ความสนใจในการเสาะแสวงหาแหล่งของพลังงานใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้ทดแทนแหล่งที่มาของพลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และหาวิธีการที่จะใช้พลังงานทุกรูปแบบให้ประหยัดค่าใช้จ่าย เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

โรงงานอุตสาหกรรมกระดาษเป็นโรงงานอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีการใช้พลังงานมากพอสมควรเกือบทุกขั้นตอนของการผลิต กระดาษนั้นจะมีกากตะกอน (Sludge) ปะปนออกมาด้วยซึ่งโดยปกติแล้วการกำจัดกากตะกอนเหล่านี้จะกำจัดโดยการฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะ แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามสถานะเศรษฐกิจที่เปลี่ยนไปรวมถึงพื้นที่ที่จะทำการฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะก็ลดน้อยลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการค้นหาทางเลือกอื่นที่มีประโยชน์และมีค่าใช้จ่ายที่ไม่แตกต่างหรือน้อยกว่าวิธีการกำจัดโดยการฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะหนึ่งในหลายวิธีที่จะนำกากตะกอนเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ก็คือ การนำกากตะกอนเหล่านี้กลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยการผลิตก๊าซจากกากตะกอนเหล่านี้ หรือนำกากตะกอนเหล่านี้ไปเผาไหม้โดยตรง หรืออาจจะนำกากตะกอนเหล่านี้ไปผสมกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไป

2. กากตะกอน (Sludge) [1]

2.1 แหล่งที่มา

กากตะกอนโดยทั่วไปแล้วมาจากระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดต่างๆซึ่งกากตะกอนที่มาจากโรงบำบัดน้ำเสียมีหลายจุด ซึ่งแต่ละจุดมีปริมาณและลักษณะที่แตกต่างกันออกไป

2.2 ลักษณะของกากตะกอน

โดยทั่วไปลักษณะของกากตะกอนสามารถแยกออกได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้

2.2.1 ลักษณะของกากตะกอนทางกายภาพ

2.2.2 ลักษณะของกากตะกอนทางเคมี

2.3 กระบวนการกำจัดกากตะกอน

ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทั่วไปจะมีปริมาณกากตะกอนเกิดขึ้นจากสารตะกอนแขวนลอยที่มากับน้ำเสียจากตะกอนจุลชีพที่ถ่ายออกจากระบบบำบัดทางชีวภาพและจากตะกอนเคมีที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบบำบัดทางเคมี ในการเลือกกระบวนการกำจัดกากตะกอนให้เหมาะสมจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้คือ

1. ลักษณะของกากตะกอน
2. ความเหมาะสมของระบบกำจัดกากตะกอนกับสภาพพื้นที่
3. ปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้น
4. ทางเลือกของการนำกากตะกอนไปทิ้ง

2.4 การเผาไหม้กากตะกอนในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบด [2] [3] [4]

2.4.1 หลักการเผาไหม้กากตะกอนในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบด

การเผาไหม้ในเตาฟลูอิดไดซ์เบดเกิดขึ้นโดยเชื้อเพลิงจะถูกพวยงให้ลอยตัวด้วยก๊าซหรืออากาศที่เข้าสู่เตาโดยผ่านแผ่นกระจายลม เชื้อเพลิงจะมีสภาพคล้ายของไหล ภายในเตาเผาจะมีเบดที่ร้อนเช่น ทราบหรือถ่านที่เกิดจากการเผาไหม้ เพื่อช่วยทำให้เกิดการผสมผสานของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนได้ดี และช่วยทำให้ถ่านที่เกาะกับผิวเชื้อเพลิงนั้นหลุด ผิวของเชื้อเพลิงจึงสามารถสัมผัสกับออกซิเจนได้ตลอดเวลาทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดี ซึ่งจะต่างจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งทั่วไป ซึ่งจะเกิดการเผาไหม้ที่ผิวของเชื้อเพลิงก่อน จากนั้นบริเวณของการเกิดปฏิกิริยาก็จะค่อยๆเคลื่อนเข้าไปข้างในโดยส่วนที่เหลือที่เกิดจากการเผาไหม้ คือ ถ่านซึ่งเป็นสารเหนียวทำให้เชื้อเพลิงมีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนลดลง ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปอัตราการเผาไหม้จะค่อยๆ ลดลงจนเผาไหม้หมดทั้งก้อน

ระบบการเผาไหม้โดยใช้เตาเผาฟลูอิดไดซ์เบด เป็นเทคนิคที่น่าสนใจ เนื่องจากเผาไหม้เชื้อเพลิงคุณภาพต่ำได้ดี ให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ดี สามารถควบคุมปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

2.4.2 กระบวนการเผาไหม้ กากตะกอน ในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบด

สำหรับกระบวนการเผาไหม้ กากตะกอน ในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบด มีขั้นตอนดังนี้

2.4.2.1 Drying เป็นการกำจัดความชื้นในอนุภาคกากตะกอนขณะเริ่มต้นรับความร้อนในเตาเผา

2.4.2.2 Devolatilization เป็นขั้นตอนการสลายตัวของกากตะกอนเกิดเป็นสารระเหย

2.4.2.3 Ignition of Volatile เป็นขบวนการกระทำให้เกิดการจุดประกายของสารระเหยที่ถูกปล่อยออกมาและอยู่ล้อมรอบอนุภาคของกากตะกอน

2.4.2.4 Combustion of Volatile เป็นขบวนการเผาไหม้สารระเหยทำให้เกิดเปลวไฟขึ้นรอบอนุภาคกากตะกอน

2.4.2.5 Ignition of Char Particle เป็นขบวนการการจุดประกายบนผิวหน้าของถ่านที่เหลือ โดยเริ่มจากเป็นจุดเล็กๆ ที่ผิวด้านนอกแล้วค่อยๆ ขยายออกไปจนเกิดทั่วทั้งอนุภาค

2.4.2.6 Combustion of Residual Char Particle เป็นขบวนการเผาไหม้อนุภาคถ่านที่เหลือหลังจากที่สารระเหย ระเหยออกจากอนุภาค Sludge บางส่วนหรือหมดแล้ว เมื่อเผาไหม้หมดจะเหลือขี้เถ้า

2.5 ข้อดีของระบบการเผาไหม้ฟลูอิดไดซ์เบด

2.5.1 อุณหภูมิการเผาไหม้สม่ำเสมอโดยทั่วกันตลอดทั้งเบด ไม่เกิดจุดร้อน (Hot Spot) ภายในเตา

2.5.2 สามารถกำจัด ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้อยู่ในปริมาณที่ไม่ทำให้เกิดปัญหามลพิษและกระบวนการกำจัดนี้เกิดขึ้นในระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิง ไม่จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติม

2.5.3 อุณหภูมิการเผาไหม้ค่อนข้างต่ำ โดยปกติจะอยู่ระหว่าง 750-900 °C ซึ่งอุณหภูมิในช่วงนี้ต่ำกว่าอุณหภูมิการหลอมละลายของถ่าน จึงไม่ก่อให้เกิดสแลก (Slag) ภายในเตาเผา และปัญหาการระเหยของสารประกอบอัลคาไลน์ที่จะจับตัวบนผนังเตา หรือบนท่อน้ำยังลดลงอีกด้วย

2.5.4 ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ที่เกิดขึ้นน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการเผาไหม้ระบบอื่น

2.5.5 สามารถจัดวางท่อน้ำภายในและเหนือเบดเพื่อศึกษาเรื่องการถ่ายเทความร้อนได้

2.5.6 สามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งได้แก่เชื้อเพลิงที่มีปริมาณของธาตุซัลเฟอร์ ความชื้นและเถ้า รวมเป็นองค์ประกอบอยู่สูงได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งนี้เพราะการสันดาปในเบดเป็นไปอย่างช้าๆ (Slow Combustion) จึงมีโอกาสมอดไหม้ในเม็ดเชื้อเพลิงได้มากกว่า

3. อุปกรณ์การทดลองและวิธีการดำเนินการวิจัย

ลักษณะโดยทั่วไปของอุปกรณ์ที่ใช้การทดลองปรากฏการณ์ฟลูอิดไดเซชันและกระบวนการเผาไหม้ประกอบด้วยอุปกรณ์ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 9 ส่วน คือ ฟลูอิดไดเซชันเบดคอลัมน์ ระบบกระจายอากาศ ระบบป้อนเชื้อเพลิง ระบบป้อนอากาศ ระบบจุดอุ่นเบด ระบบท่อนำความร้อนในเบดและเหนือเบด ระบบเครื่องแยกฝุ่น ระบบวัดอุณหภูมิ และระบบวัดอัตราการไหล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ฟลูอิดไดเซชันเบดคอลัมน์

ฟลูอิดไดเซชันเบดคอลัมน์สร้างจากแผ่นเหล็กหนา 6 มิลลิเมตร โดยมีพื้นที่หน้าตัดภายนอก 0.97×0.97 ตารางเมตร ด้านในบุด้วยอิฐทนไฟ และอิฐฉนวนทนไฟหนา 0.25 เมตร พื้นที่หน้าตัดภายในเท่ากับ 0.45×0.45 ตารางเมตร ความสูงของตัวเตาเผาทั้งหมดเท่ากับ 2.5 เมตร เพดานบนของเตาเผาด้วยฝาปิดความร้อนชนิดเดียวกับที่ใช้ทำฝาปิดเตาหลอมโลหะมีความหนา 2.5 นิ้ว

3.2 ระบบกระจายอากาศ

แผ่นกระจายอากาศทำจากเหล็กแผ่นหนา 10 มิลลิเมตรประกอบด้วย Nozzle stand pipe จำนวน 12 หัว และ bubble cap สำหรับช่วยในกรณีป้อนเชื้อเพลิงใต้เบดอีกจำนวน 4 หัว สำหรับท่อส่งอากาศสำหรับส่งอากาศเข้าแผ่นกระจายอากาศ ประกอบด้วยท่อส่งอากาศหลักซึ่งเป็นท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ต่อจากพัดลมเป่าอากาศเข้ามายังท่อส่งอากาศเข้าสู่ Nozzle stand pipe ท่อ sparger มีลักษณะเป็นท่อเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วจำนวน 3 ท่อ ต่อมาจากท่อส่งอากาศหลักแต่ละท่อก็มีโกล์บอลวาล์วทำหน้าที่ปรับแต่งอากาศให้เข้าท่อ sparger เป็นจำนวนเท่าๆกัน

3.3 ระบบป้อนเชื้อเพลิง

ระบบป้อนเชื้อเพลิงเข้าเตาเผา ประกอบด้วยกรวยป้อนวัสดุเชื้อเพลิงรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 0.55×0.55 เมตร สูง 0.70 เมตร ทางด้านข้างเป็นสกรูขนถ่ายสำหรับหมุนพาเอาเชื้อเพลิงเข้าสู่ตัวเตา (Screw feeder) โดยอาศัยการขับเคลื่อนจากมอเตอร์เชื้อเพลิงจะถูกพาเข้าเตาโดยใช้ลมเป็นพาหะโดยติดตั้ง Nozzle หรือหัวพ่นอากาศ ที่ตำแหน่งปลายท่อลำเลียงเชื้อเพลิงเพื่อทำหน้าที่เพิ่มความเร็วของอากาศที่ใช้ในการขนส่งเชื้อเพลิงเข้าเตาเผาและช่วยป้องกันการย้อนกลับของอากาศและเชื้อเพลิงที่ป้อน

3.4 ระบบป้อนอากาศ

ระบบป้อนอากาศจะใช้พัดลมทำความดันโดยแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ พัดลมเป่า (Force draft fan) และพัดลมดูด (Induced draft fan) ระบบป้อนอากาศโดยใช้พัดลมเป่าและดูดอากาศเป็นเครื่องมือที่ใช้ป้อนอากาศเข้าทางด้านล่างและดูดอากาศออกทางด้านบนของเตาเผาฟลูอิดไดเซชันเบด

3.5 ระบบจุดอุ่นเบด

ระบบจุดอุ่นเบดที่ใช้เป็นการจุดอุ่นเหนือเบด โดยการใช้ Pilot burner เป็นตัวจุดก๊าซ LPG ในการอุ่นเบดการเผาไหม้ของก๊าซสามารถสังเกตได้จาก sight glass หนา 10 มิลลิเมตร โดยมีท่อลมขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว ทำหน้าที่เป่า sight glass เพื่อไม่ให้เขม่าจับ

3.6 ระบบท่อนำความร้อนในเบดและเหนือเบด

ระบบท่อนำความร้อนเป็นระบบที่ช่วยควบคุมอุณหภูมิของเบดในขณะที่เดินเครื่องและเพื่อศึกษาเรื่องการถ่ายเทความร้อน ระบบท่อนำความร้อนมี 2 ส่วน คือระบบท่อนำความร้อนในเบดและระบบท่อนำความร้อนเหนือเบด

3.7 ระบบเครื่องแยกฝุ่น

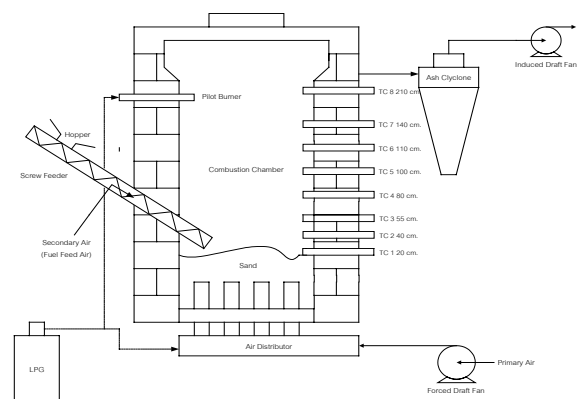
ระบบเครื่องแยกฝุ่นเป็นไซโคลอนที่ใช้สำหรับดักฝุ่น เถ้าซึ่งเกิดจากการเผาไหม้หรือทรายละเอียดที่ปลิวมากับกระแสอากาศร้อนซึ่งออกจากก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้

3.8 ระบบวัดอุณหภูมิ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิของเตาเผาบริเวณต่างๆ เป็นเทอร์โมคัปเปิลรุ่น JB 35 โครเมิล-อลูเมล (Chromel-Alumel) แบบ CA ชนิด K วัดอุณหภูมิได้ในช่วง $0-1200^{\circ}\text{C}$ โดยต่อเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิแบบดิจิตอล (Digital thermometer) ตำแหน่งของจุดวัดอุณหภูมิมีทั้งหมด 12 จุด

3.9 ระบบวัดอัตราการไหล

สำหรับระบบวัดอัตราการไหลจะใช้ Anemometer วัดค่าความเร็วของอากาศโดยตรงโดยเจาะรูขนาด $\frac{1}{8}$ นิ้วสำหรับวัดที่ท่อขนาด 2 นิ้ว ก่อนเข้าแผ่นกระจายลม จากนั้นนำไปคำนวณอัตราการไหลของอากาศ



รูปที่ 1 รายละเอียดเตาเผาฟลูอิดไดเซชันเบด

3.10 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ทดลองหาคุณสมบัติของทรายที่ใช้เป็นเบตและคุณสมบัติทางกายภาพของกากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระดาษ
2. ทดลองปรับแต่งค่าความถูกต้องของอุปกรณ์การป้อนเชื้อเพลิง อุปกรณ์การป้อนอากาศ
3. ทดลองปรากฏการณ์ฟลูอิดไดเซชันและหาค่าความเร็วต่ำสุดของอากาศที่ทำให้เกิดการฟลูอิดไดเซชัน
4. ทดลองเผากากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระดาษโดยกำหนดพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษา 3 ชนิดคืออัตราการป้อนอากาศ อัตราการป้อนเชื้อเพลิง (กากตะกอน) และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้
5. นำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟและวิเคราะห์ถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ

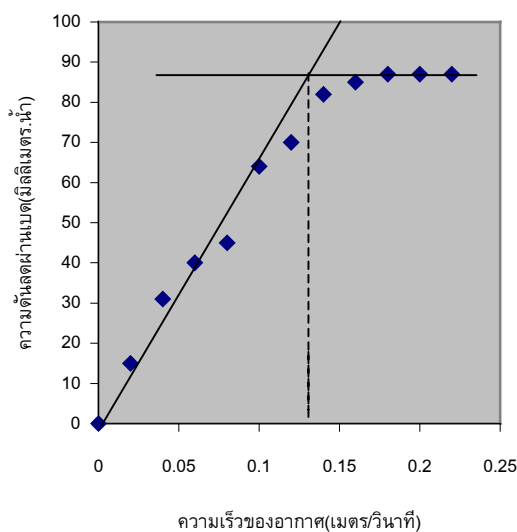
4. ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทรายที่ใช้เป็นเบต

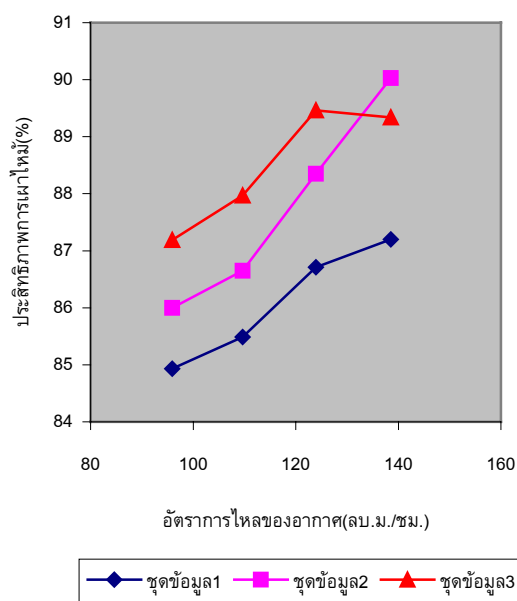
คุณสมบัติของทรายที่ใช้เป็นเบต	สัญลักษณ์	หน่วย	ผลการทดลอง
ขนาดของทราย		เมช	20-50
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย		ไมครอน	366.41
สัดส่วนช่องว่าง	ϵ_m		0.38
ความเป็นทรงกลมเทียบเท่า	ϕ_s		0.97
ความหนาแน่น	ρ_s	กก./ลบ.ม.	2,230
ความสูงของเบตหนึ่ง	L_{mf}	เมตร	0.22

ตารางที่ 2 รายละเอียดการวิเคราะห์คุณสมบัติของกากตะกอน

รายละเอียดการวิเคราะห์	หน่วย	ค่าที่ได้
เถ้า	%	11.3
ความชื้น	%	70.9
ปริมาณสารระเหย	%	17.7
คาร์บอนคงตัว	%	0.10
คาร์บอน	%	6.4
ไฮโดรเจน	%	9.0
ไนโตรเจน	%	0.20
ซัลเฟอร์	%	0.07
ออกซิเจน	%	73.0
ค่าความร้อน	Joule/g	2,020.87



รูปที่ 2 กราฟค่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดไดเซชัน

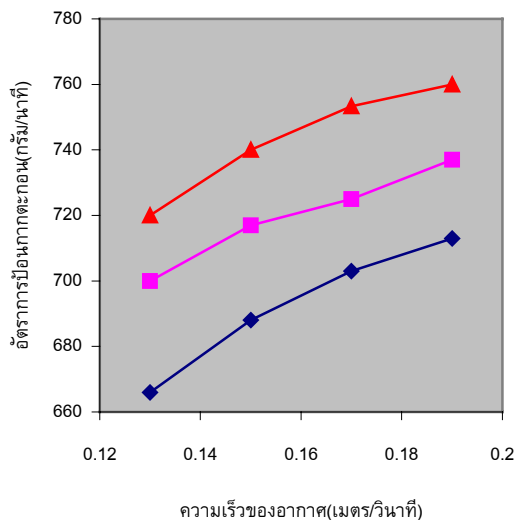


ข้อมูลชุดที่ 1 ที่อุณหภูมิ 850 ± 10 °C
ข้อมูลชุดที่ 2 ที่อุณหภูมิ 900 ± 10 °C
ข้อมูลชุดที่ 3 ที่อุณหภูมิ 950 ± 10 °C

รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับประสิทธิภาพการเผาไหม้

4.1 การศึกษาอัตราการป้อนอากาศ

จากผลการทดลองที่ได้นำมาเขียนกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 3 จะสังเกตพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศหรืออัตราการไหลของอากาศจะทำให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้เพิ่มขึ้นและยังสังเกตพบอีกว่าเมื่ออุณหภูมิของการเผาไหม้สูงขึ้นประสิทธิภาพของการเผาไหม้จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของอากาศเท่ากัน ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกากตะกอนจะเผาไหม้ได้ดี การใช้ความเร็วของอากาศที่สูงขึ้นทำให้กากตะกอนเผาไหม้ได้ดีขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะอากาศมีโอกาสมัผัสกับคาร์บอนที่ผิวของกากตะกอนได้มากขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว



ชุดข้อมูล 1 ที่อุณหภูมิ 850±10 °C
ชุดข้อมูล 2 ที่อุณหภูมิ 900±10 °C
ชุดข้อมูล 3 ที่อุณหภูมิ 950±10 °C

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศกับอัตราการป้อนกากตะกอน

4.2 การศึกษาอัตราการป้อนกากตะกอน

จากกราฟแสดงผลการทดลองในรูปที่ 4 จะสังเกตพบว่า อัตราการป้อนกากตะกอนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าสู่ระบบที่อุณหภูมิของการเผาไหม้ค่าหนึ่งเมื่อป้อนอากาศให้เข้าสู่ระบบมากขึ้นอัตราการป้อนกากตะกอนก็จะมากขึ้นด้วยและที่อุณหภูมิของการเผาไหม้ที่กำหนดคือ 950±10 °C อัตราการป้อนกากตะกอนจะมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิของการเผาไหม้ 850±10 °C และ 900±10 °C ตามลำดับ แสดงว่านอกจากความเร็วหรือปริมาณอากาศมีผลต่ออัตราการป้อนกากตะกอนแล้ว อุณหภูมิก็มีผลเช่นเดียวกันกล่าวคือ อัตราการป้อนกากตะกอนจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของการเผาไหม้และ

ปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าสู่ระบบเพื่อที่จะทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้ดี และต่อเนื่อง เมื่ออุณหภูมิของการเผาไหม้หรือปริมาณอากาศเพิ่มขึ้น อัตราการป้อนกากตะกอนก็ต้องเพิ่มขึ้นกัน

4.3 การศึกษาอุณหภูมิการเผาไหม้

จากกราฟแสดงผลการทดลองในรูปที่ 3 จะสังเกตพบว่าจากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนกากตะกอนมีผลทำให้ความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้นด้วยเพื่อที่จะรักษาอัตราส่วนระหว่างความเร็วของอากาศและความเร็วต่ำสุดของการเกิด ฟลูอิดไดเซชันทำให้อุณหภูมิภายในเบตเพิ่มขึ้นด้วยเมื่ออุณหภูมิภายในเบตเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงขึ้นตามลำดับ

5. สรุป

ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของกากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระดาษในเตาเผาฟลูอิดไดเซชันเบตนั้นจะมีส่วนสัมพันธ์กับอัตราการป้อนอากาศ อัตราการป้อนกากตะกอนและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ และจากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิในการเผาไหม้ 900±10 °C อัตราการป้อนกากตะกอน 737 กรัม/นาทีก่อนการป้อนอากาศ 2.31 ลูกบาศก์เมตร/วินาที จะพบว่าประสิทธิภาพในการเผาไหม้กากตะกอนจะมีค่าสูงสุดคือ 90.03%

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมารดาผู้ให้กำเนิดและเป็นที่รักยิ่งของผู้ทำการวิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา คณาจารย์ทุกท่าน เจ้าหน้าที่ของสถาบันฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้กำลังใจและแนะนำความรู้ต่างๆให้กับผู้ทำการวิจัยเป็นอย่างดี จนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. การบำบัดน้ำเสีย Waste water treatment. กรุงเทพมหานคร สยามสแควร์นารีนซ์พหลโยธิน 2542
- [2] ชัยนันท นาคสวัสดิ์. การศึกษาการเผาไหม้หินน้ำมันแหล่งแม่สอดด้วยระบบฟลูอิดไดเซชันเบตภายใต้ความดันบรรยากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.
- [3] สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ. ฟลูอิดไดเซชัน. กรุงเทพมหานคร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2528
- [4] สุวิทย์ เตีย. การเผาไหม้ชีวมวลในเตาเผาฟลูอิดไดเซชันเบต. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 22.2. (พฤษภาคม-สิงหาคม 2542): 41-43.