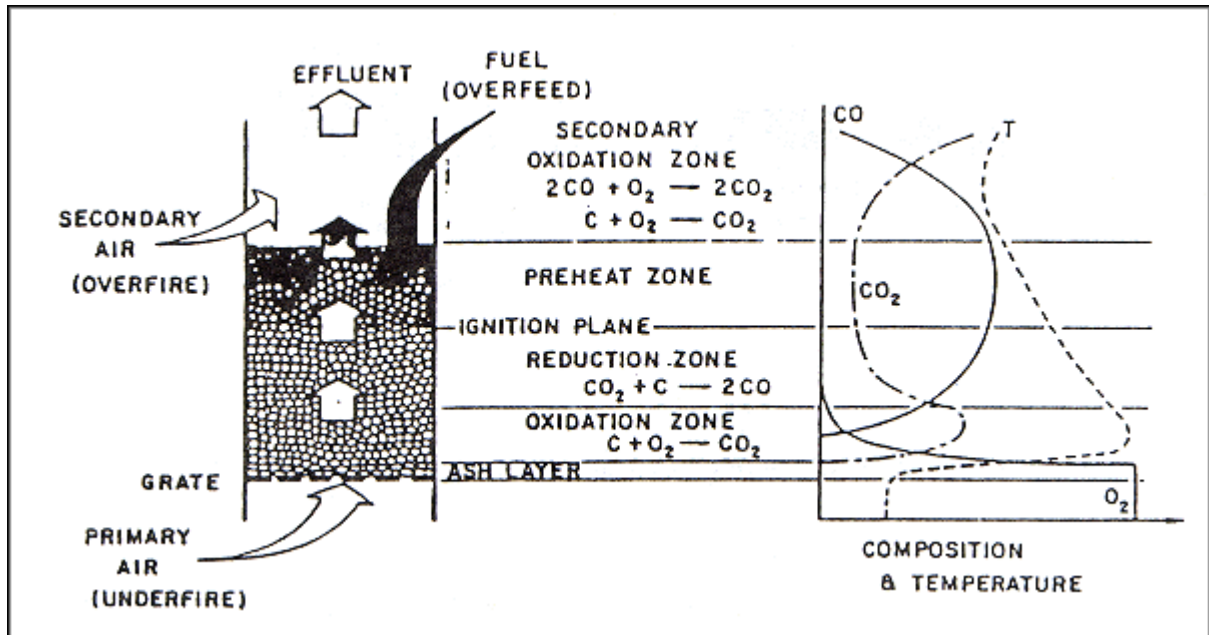


## เรื่องนารูเกี่ยวกับขยะ 4 : เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยแบบฟลูอิดไดซ์เบด

สมรัฐ เกิดสุวรรณ [srk@kmitnb.ac.th](mailto:srk@kmitnb.ac.th)  
และ ยุทธนา มหัจฉริยวงศ์

- ▼ [1. บทนำ](#)
- ▼ [2. หลักการทำงานของเตาเผาขยะมูลฝอยแบบฟลูอิดไดซ์เบด](#)
- ▼ [3. เตาเผาขยะมูลฝอยแบบฟลูอิดไดซ์เบดชนิดหมุนวน](#)
- ▼ [4. บทสรุป](#)



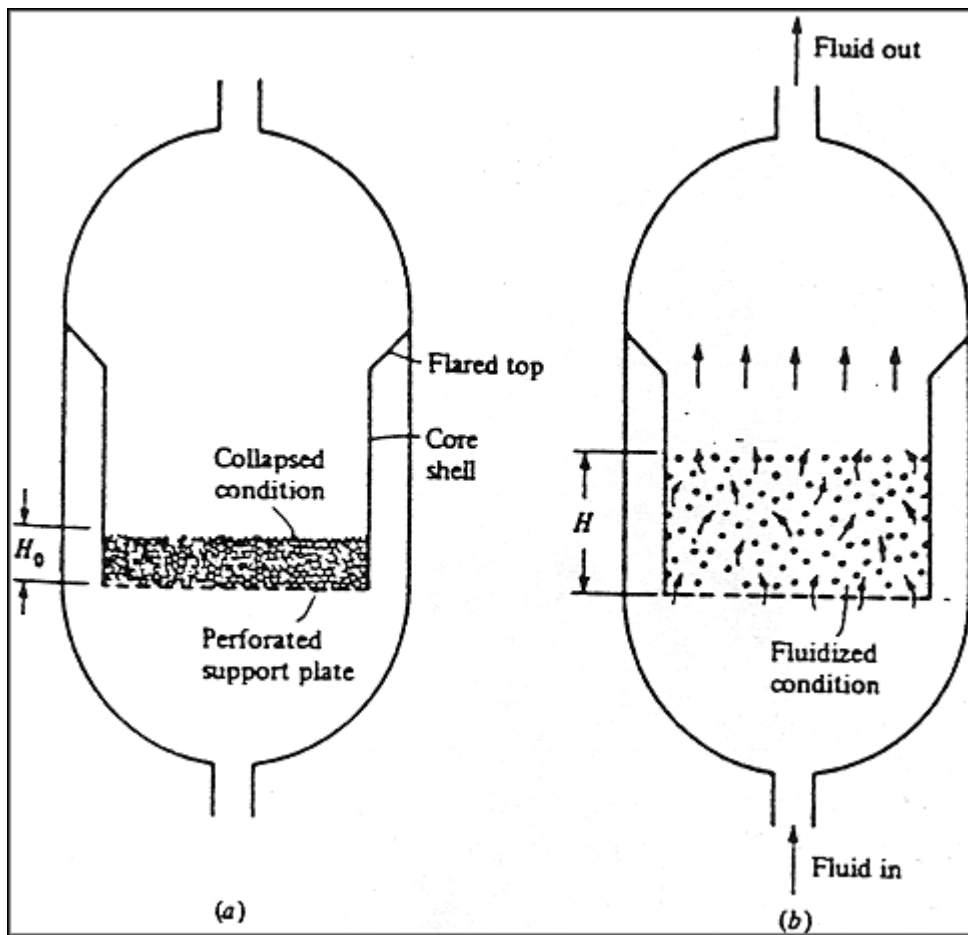
**รูปที่ 1** การเผาไหม้ในเตาแบบ Static Bed

### 1. บทนำ

ในตอนที่แล้ว ได้นำเสนอระบบเตาเผาขยะมูลฝอยแบบต่าง ๆ และได้สรุปว่า ในแต่ละระบบต่างก็มีข้อดี และจุดอ่อนที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย ปริมาณขยะ และงบประมาณ เป็นต้น ในตอนนี้ จะขอเสนอเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยอีกแบบหนึ่ง คือเตาเผาขยะมูลฝอย แบบฟลูอิดไดซ์เบดซึ่งได้มีโครงการ ที่จะนำมาใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอย ที่จังหวัดเชียงใหม่ แต่ได้รับการต่อต้านจากชาวบ้าน ผู้อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียงโรงกำจัด ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้อง ต่อเทคโนโลยีของเตาเผาแบบนี้

### 2. หลักการทำงานของเตาเผาขยะมูลฝอย แบบฟลูอิดไดซ์เบด

หลักการทำงานของเตาเผาขยะมูลฝอย แบบเตานิ่ง (Static Bed) ซึ่งเป็นหลักการทำงาน ที่ใช้ในเตาเผาโดยทั่วไป ได้แสดงในรูปที่ 1 โดยขยะมูลฝอยจะถูกวางไปบนตะแกรง (grate) ในห้องเผาไหม้ อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ จะแบ่งเป็นสองส่วน อากาศส่วนแรก (Primary Air) จะป้อนเข้าทางด้านล่างของเตา และไหลผ่านพื้นผิวของขยะมูลฝอย แทรกตัวลอยไปสู่ขยะมูลฝอย ชั้นบน เมื่อมีการเผาไหม้เกิดขึ้น อากาศส่วนนี้จะทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ กับขยะมูลฝอย (เชื้อเพลิง) และให้ความร้อน พร้อมกับผลิตภัณฑ์ จากการเผาไหม้อันได้แก่ก๊าซต่าง ๆ ออกมา อากาศส่วนที่สอง (Secondary Air) ซึ่งป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้ทางด้านบน จะเป็นตัวช่วยให้ก๊าซต่าง ๆ ซึ่งยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ อีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะออกจากห้องเผาไหม้ ไป รูปทางขวามือของรูปที่ 1 จะแสดงให้เห็นถึง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และองค์ประกอบ ของก๊าซภายในห้องเผาไหม้ชนิดนี้



รูปที่ 2 การเกิด fluidization ในเตาเผา (a) อนุภาคในลักษณะ Static Bed (b) อนุภาคในลักษณะ Fluidization

หากเพิ่มความเร็วของอากาศส่วนแรก ให้สูงขึ้นจนทำให้ขยะมูลฝอย เกิดการแยกตัวออกจากกัน และลอยตัวขึ้นเหนือตะกรับ จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า fluidization ขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 (b) นั่นคือขยะมูลฝอย จะประพฤติตัวคล้ายกับของไหล และจะสังเกตเห็นว่าพื้นผิวขยะมูลฝอยที่เกิด fluidization จะสัมผัสกับอากาศโดยทั่ว

ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิด fluidization คือความเร็วที่ทำให้แรงต้านการไหลของขยะมูลฝอย (Drag Force) มีค่าเท่ากับน้ำหนักตัวของมันแรงต้าน = น้ำหนัก

โดย

$C_d$  = สัมประสิทธิ์แรงต้าน (Drag Coefficient)

$A_c$  = พื้นที่หน้าตัดของขยะมูลฝอย

$P_t$  = ความหนาแน่นของของไหลที่ทำให้เกิด fluidization (อากาศ)

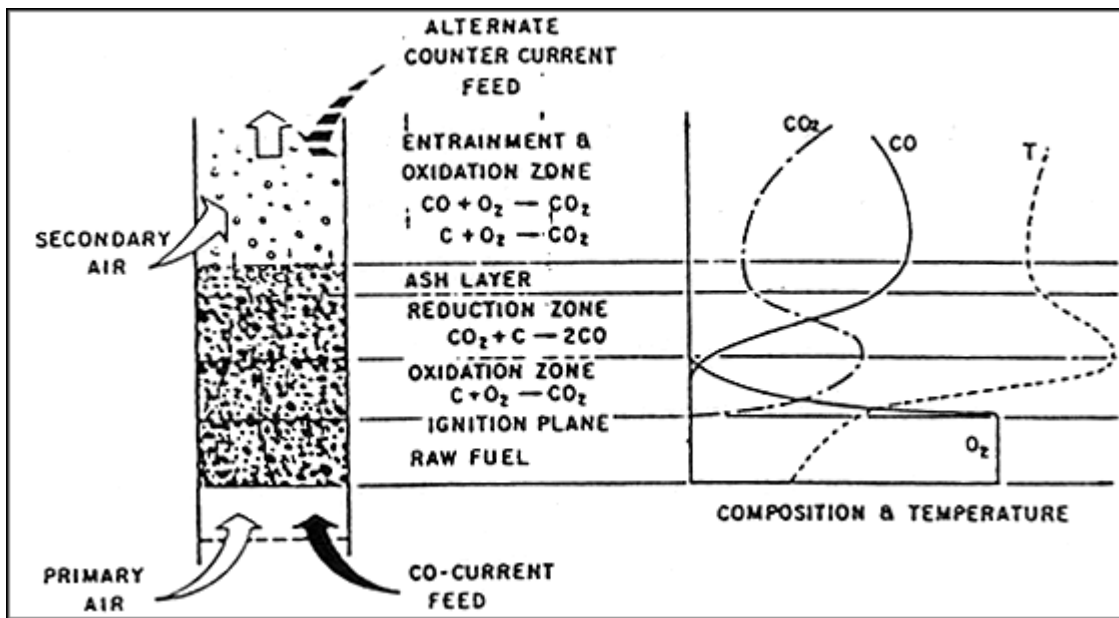
$V_s$  = ความเร็วของของไหล

$V$  = ปริมาตรของขยะมูลฝอย

$P_s$  = ความหนาแน่นของขยะมูลฝอย

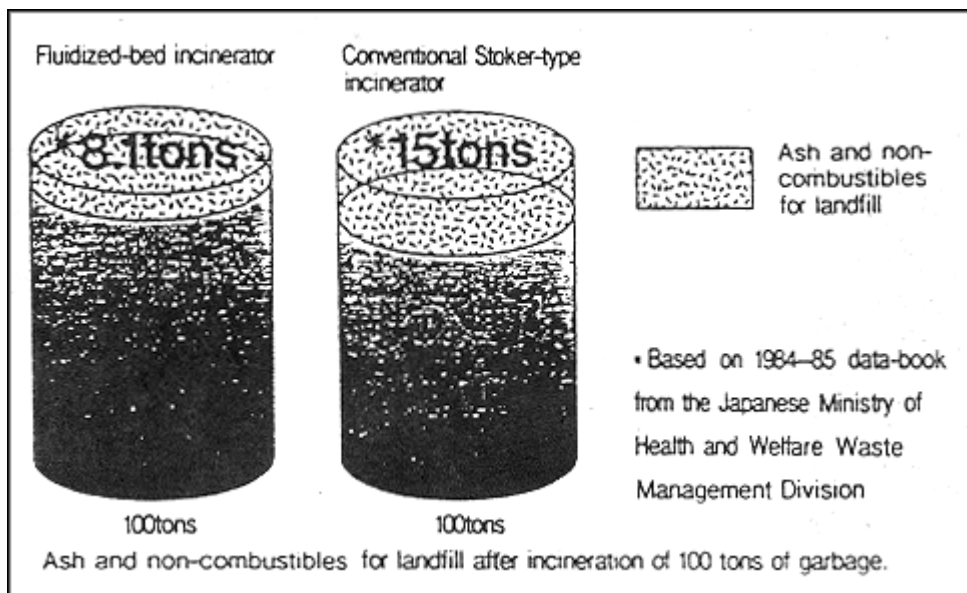
$g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

เตาเผาขยะมูลฝอยที่ทำงานด้วยหลักการของ fluidization จะเรียกว่า เตาเผาขยะมูลฝอย แบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed Incinerator) ซึ่งได้แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และองค์ประกอบของก๊าซในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเผาไหม้ในเตาเผาขยะมูลฝอยแบบฟลูอิดไดซ์เบด

ข้อได้เปรียบของเตาเผาแบบนี้ อยู่ที่ลักษณะทางกายภาพของระบบ ซึ่งมีการสัมผัสกันโดยตรง ระหว่าง ออกซิเจนในอากาศ กับพื้นผิวของขยะมูลฝอย ทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ สามารถใช้อากาศส่วนเกิน จำนวนน้อย และเนื่องจากการแลกเปลี่ยนความร้อน ภายในเตาเกิดขึ้น แบบการนำความร้อน - การพาความร้อน (Conduction - Convection Heat Transfer) ทำให้การถ่ายเทความร้อน ภายในเตาชนิดนี้สูงกว่าเตาชนิดอื่น ๆ กระทรวงสาธารณสุข ของประเทศญี่ปุ่น ได้รายงาน ว่า เมื่อเปรียบเทียบความสามารถ ในการเผาไหม้ของเตาขยะมูลฝอย ในเตาเผาแบบตะกรับ (Stoker type) และเตาเผาขยะมูลฝอย แบบฟลูอิดไดซ์เบด ได้พบว่าเตาเผาขยะมูลฝอย แบบฟลูอิดไดซ์เบด สามารถเผาทำลายขยะมูลฝอย ด้วยประสิทธิภาพที่สูงกว่าเตาเผาแบบแรก ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 4 (ในการเผาไหม้ขยะมูลฝอย 100 ตัน เตาเผาขยะมูลฝอย แบบฟลูอิดไดซ์เบดจะเหลือ และต้องนำไปทำการฝังกลบ 8.1 ตัน ในขณะที่เตาเผา แบบตะกรับจะมีจำนวน 15 ตัน



รูปที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้ระหว่างเตาเผาขยะมูลฝอยแบบฟลูอิดไดซ์เบด กับเตาเผาขยะมูลฝอยแบบตะกรับ

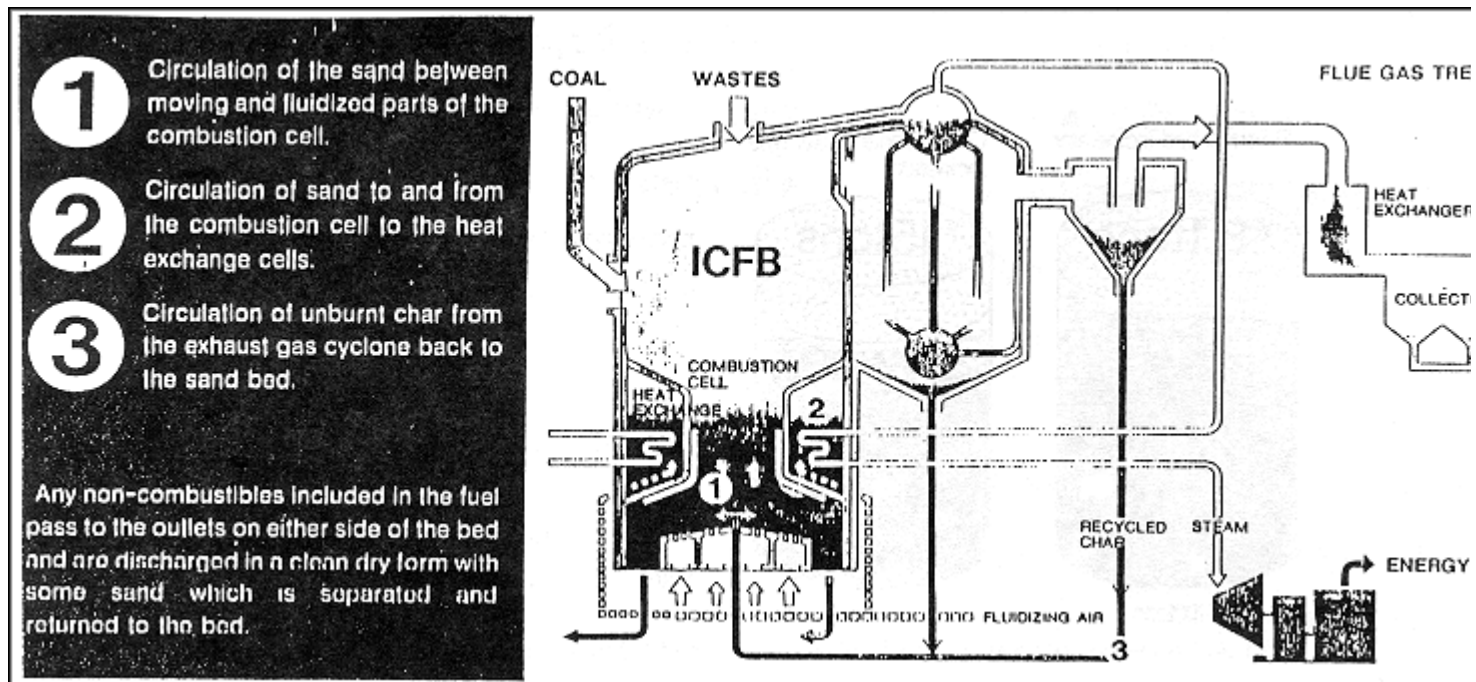
อย่างไรก็ตาม การควบคุมให้เกิด fluidization ขึ้นภายในเตาไม่สามารถทำได้โดยง่าย ประการที่หนึ่งเพื่อที่จะควบคุมให้แรงดันการไหลของขยะมูลฝอยมีค่าเท่ากับน้ำหนักตัวของมัน ความเร็วอากาศที่ป้อนเข้าไปในเตาจะต้องเป็นสัดส่วนกับปริมาตรของขยะมูลฝอย(หรือมวล) ในกรณีที่ขยะมูลฝอยมีรูปทรงที่ไม่เป็นเอกพันธ์ การควบคุมความเร็วอากาศที่จะทำให้เกิด fluidization ขึ้นภายในเตาทำได้ยากขึ้น อีกประการหนึ่ง ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้จะมีมวลที่น้อยลง ความเร็วอากาศที่จะทำให้เกิด fluidization จะต้องผันแปรตามมวลขยะมูลฝอยส่วนนั้นด้วย

ข้อไม่สะดวกในการควบคุมการทำงานของเตาเผาชนิดนี้ ได้รับการแก้ไขโดยการใส่ทราย เป็นตัวช่วยให้เกิด fluidization และขณะเดียวกันก็ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ด้วย โดยความจริงที่จุดติดไฟ ของทรายสูงกว่าของ

ขยะมูลฝอย ดังนั้นทรายจะสามารถเป็นตัวกลาง ทำหน้าที่ให้ความร้อนกับ ขยะมูลฝอยได้เป็นอย่างดี อีกประการหนึ่ง ทรายเป็นอนุภาคที่ขนาดเล็ก แต่มีพื้นที่ผิวที่กว้างใหญ่ ในทราย 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีพื้นที่ผิวประมาณ 3000 ตาราง เมตร ซึ่งมากเพียงพอที่นำความร้อน ไปถ่ายเทให้กับขยะมูลฝอย นอกจากนั้นทรายยังเป็นวัสดุ ที่เก็บความร้อนได้ดี ดังนั้นการเริ่มต้นทำงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง ภายหลังจากหยุดการทำงานชั่วคราว จะใช้เวลาอันสั้น

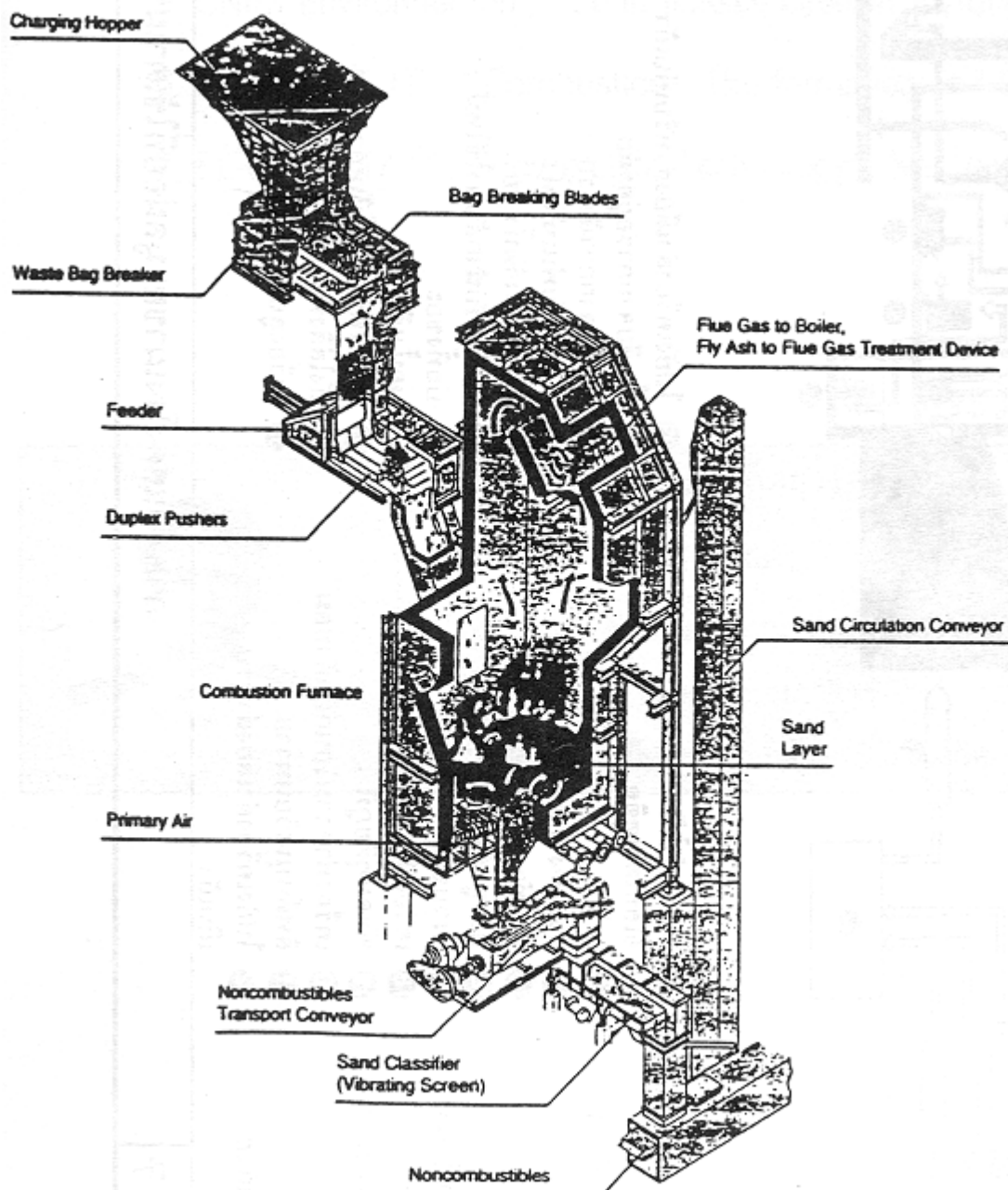
### 3. เตาเผาขยะมูลฝอยแบบฟลูอิดไดซ์เบดชนิดหมุนวน

เทคโนโลยีของเตาเผาขยะมูลฝอย แบบฟลูอิดไดซ์เบดได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันได้มีการนำ เตาเผาขยะมูลฝอยแบบฟลูอิดไดซ์เบดชนิดหมุนวน (Circulating Fluidized Bed Incinerator) โดยมีการนำทรายที่ทำให้เกิด fluidization หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ในรูปที่ 5 จะพบว่าเตาเผาที่ใช้สำหรับ เผาขยะมูลฝอย ที่มีค่าความร้อนต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการป้อน ถ่านหินเข้าไปในเตาเผา เพื่อช่วยเพิ่มค่าความร้อน ให้กับการเผาไหม้ด้วย



รูปที่ 5 ภาคตัดแสดงการทำงานของเตาเผาขยะมูลฝอยแบบฟลูอิดไดซ์เบดชนิดหมุนวน

ในรูปที่ 6 ได้แสดงภาคตัดการทำงาน ของเตาเผาขยะแบบฟลูอิดไดซ์ เบดชนิดหมุนวน ขยะมูลฝอยจะถูกป้อน เข้าไปในภาชนะรองรับขยะ (Charging Hopper) ซึ่งจะต้องมีการคัดแยก ขยะมูลฝอยซึ่งมีขนาดใหญ่เกินไป หรือตัด ให้มีชิ้นเล็กก่อน ที่จะทิ้งลงไป ในเตา ภายในห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) จะมีทรายร้อนทำหน้าที่ให้ความ ร้อน กับขยะมูลฝอยโดยมีอากาศส่วนแรก (Primary Air) ป้อนเข้าทางด้านล่างขยะส่วนที่ถูกเผาไหม้แล้วรวมทั้ง ทรายบางส่วนจะตกลงมาทางด้านล่างของห้องเผาไหม้ ทรายจะถูกแยกออก และนำกลับไปเข้าเตาใหม่อีกครั้งหนึ่ง ใน ขณะนี้ถ้าจะปล่อยออกมากภายนอก

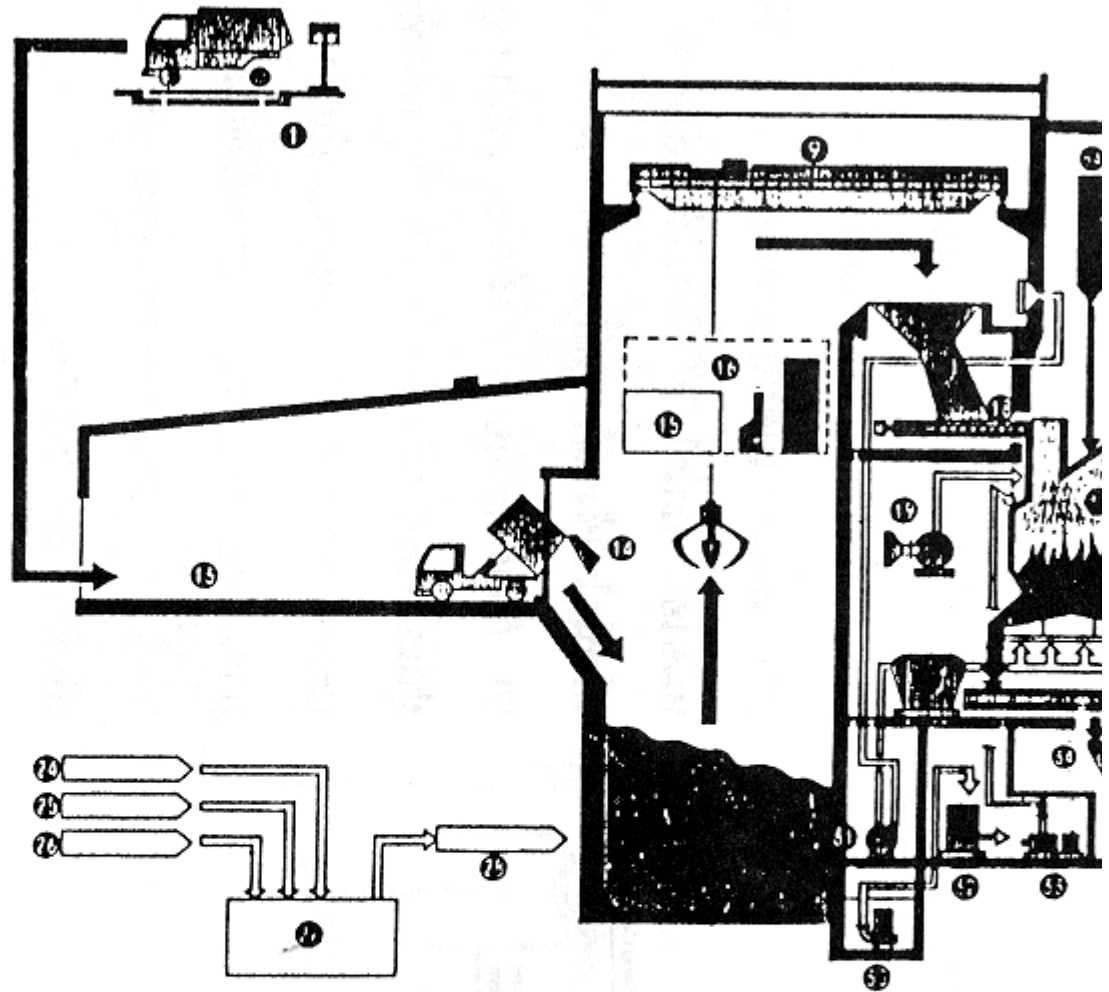


**รูปที่ 6** ภาคตัดแสดงการทำงานของ เตาเผาขยะมูลฝอยแบบฟลูอิดไดซ์เบดชนิด หมุนวน

รูปที่ 7 แสดงภาคตัดของโรงเผาขยะ มูลฝอยที่ใช้เตาเผาขยะมูลฝอย แบบฟลูอิดไดซ์เบดชนิดหมุนวน รถขนขยะมูลฝอยจะขนน้ำหนัก (1) เพื่อบันทึกข้อมูลของขยะมูลฝอย น้ำ หนัก แห่ลงที่มา ก่อนที่จะนำไปทิ้งลงใน บ่อทิ้งน้ำขยะมูลฝอย (29) ผู้ควบคุมเตาเผาขยะมูลฝอย ซึ่งอยู่ในห้องควบคุม (16) จะบังคับให้ เครื่องยกขยะมูลฝอย ทำการเก็บขยะ มูลฝอยไปทิ้งในกรวยรับขยะ(17) โดยปกติแล้ว ผู้ควบคุมเครื่องต้องทำหน้าที่ในการคัดเลือกขยะมูลฝอยส่วนที่ใหญ่เกินไปไม่ให้เข้าไปในเตา อีกทั้งต้องทำหน้าที่ผสมผสานขยะมูล ฝอยที่ป้อนเข้าไปในเตาให้ที่มีค่า ความร้อนที่ใกล้เคียงกันไม่ควรนำขยะมูล ฝอยที่มีค่าความร้อนสูงมาก ๆ ใส่ไปในเตา แล้วนำขยะมูลฝอยที่มีค่าความร้อนต่ำมาก ๆ ตามเข้าไป เพราะ จะทำให้การควบคุมการทำงานของเตา เผาเป็นไปอย่างลำบาก ในการตรงกันข้าม ผู้ควบคุมเครื่อง ควรทำการผสมขยะมูลฝอยส่วนที่มีค่าความร้อนสูง เช่นกลองกระดาษ ลังไม้ คลุกเคล้ากับขยะมูลฝอยส่วนที่มี ค่าความร้อนต่ำ เช่นขยะเศษอาหาร ก่อนที่จะใส่ไปในเตา การเผาไหม้จะเกิดขึ้น ในห้องเผาไหม้ (10) ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะไหล ผ่านหม้อไอน้ำ (11) เพื่อแลกเปลี่ยนความ ร้อนกับน้ำ ไอน้ำที่ได้จากหม้อไอน้ำ จะนำไปใช้ในการให้กำเนิดกระแสไฟฟ้า (6) หรือนำไปใช้งานในจุดอื่น ๆ ที่ต้องการ ไอน้ำ (4) และ (7) ก๊าซร้อนที่ออกจากหม้อไอน้ำ จะไหลสู่เครื่องกำจัดฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (12) ก่อนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ (53) ถ้าจากการ เผาไหม้จะล่าช้าลงไปทำการฝังกลบต่อไป (48) ในระบบที่แสดงในรูปจะมีการ น้ำเสีย (33) และตะกอนอุจจาระ (54) ซึ่็ดเข้าไปใน เตาเพื่อทำการเผาไหม้ด้วย

# ผังแสดงการทำงาน

## เตาเผาไหม้ชนิดหมุนวน (TIF) แบบฟลูอิดไดซ์-เบด



- |  |  |   |
|--|--|---|
| <p>❶ เครื่องชั่งรถบรรทุก</p> <p>❷ ที่เก็บไอน้ำแรงดันปานกลาง</p> <p>❸ ระบบเครื่องปรับอากาศ ส่งน้ำร้อนและสายหิมะ</p> <p>❹ การใช้งานในศูนย์</p> <p>❺ ที่เก็บไอน้ำแรงดันสูง</p> <p>❻ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากักหน้ไอน้ำ</p> <p>❼ การใช้งานในศูนย์</p> <p>❽ เครื่องทำความร้อนก่อนด้วยลม</p> <p>❾ เกรนยกขยะ</p> <p>❿ เตาเผาไหม้</p> <p>⓫ หม้อต้มน้ำทำความร้อนด้วย</p> | <p>⓬ เครื่องทำให้ตกตะกอน แบบอิเล็กโทรสแตติก</p> <p>⓭ แทน</p> <p>⓮ ประตูทิ้งขยะ</p> <p>⓯ ห้องทำงานของเกรน</p> <p>⓰ ห้องศูนย์บังคับ</p> <p>⓱ กรวยขยะ</p> <p>⓲ เครื่องป้อนขยะ</p> <p>⓳ พัดลมทุติยภูมิ</p> <p>⓴ เครื่องทำความร้อนก่อนด้วยลม</p> <p>⓵ ลิฟต์หมุนเวียนทราย</p> <p>⓶ ไปยังเครื่องลำเลียง</p> | <p>⓷ ไปยังเครื่องลำเลียง</p> <p>⓸ น้ำเสียจากการอยู่อาศัย</p> <p>⓹ น้ำเสียจากการล้าง</p> <p>⓺ น้ำสำหรับพ่นแหวไอน้ำ</p> <p>⓻ อุปกรณ์กำจัดไอน้ำ</p> <p>⓼ น้ำสำหรับน้ำกลับม</p> <p>⓽ บ่อทิ้งขยะ</p> <p>⓾ บ่อน้ำเสีย</p> <p>⓿ เครื่องพ่นลมทำให้</p> <p>⓿ ดึงใส่สิ่งที่กรองออก</p> <p>⓿ เครื่องสูบลมเย็นน้ำเสีย</p> |
|--|--|---|

รูปที่ 7 ภาคตัดแสดงโรงเผาขยะ มูลฝอยที่ใช้เตาเผาขยะแบบฟลูอิดไดซ์ เบดชนิดหมุนวน

### 4. บทสรุป

การกำจัดขยะมูลฝอยด้วยการเผาไหม้ จะไม่สามารถก่อให้เกิดมลพิษ กับสิ่งแวดล้อมได้ ถ้าหากมีการศึกษา

การทำงานของระบบที่จะนำมาใช้เป็นอย่างดี เตาเผาขยะแบบฟลูอิดไดซ์เบด ชนิดหมุนวนเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในการกำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งมีปริมาณมากขึ้น และมากขึ้นทุกวัน เช่นขยะมูลฝอยในประเทศไทย ผู้เขียนหวังว่าบทความที่น่าเสนอนี้จะก่อให้เกิดความเข้าใจ ที่ดีขึ้นกับการเผาขยะมูลฝอยในเตาเผาแบบนี้

## เอกสารอ้างอิง

1. EBARA Corporation, "Fluidized Bed Incineration System", Japan.
2. NKK Incinerator, Japan.
3. FRAMATOME, "Circulating Fluidized Bed Incineration", France
4. GEC ALSTHOM, "Chaudiere a lit fluidise circulant de 250 MWe",France.
5. CNIM Environnement, "Le lit fluidise circulant pyroflow",France.
6. EDWARDS J.B., "Combustion : The formation and Emission of Trace Species", Ann Arbor Science, 1977.
7. EL-WAKIL M.M., "Powerplant Technology", McGraw Hill, 1985.

## ประวัติผู้เขียน



**ชื่อ** ดร.สมรัฐ เกิดสุวรรณ  
**การศึกษา** Ph.D(Energy)  
**การทำงาน** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



**ชื่อ** ยุทธนา มหัจฉริยวงศ์  
**การศึกษา** วศ.ม (สาขาภิบาล)  
**การทำงาน** ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

***This document was last modified on***