

บทที่ 8

เตาเผาขยะ

ทุกวันนี้ประมาณว่าปริมาณขยะในกรุงเทพมหานคร มีประมาณ 4,000 – 5,000 ตันต่อวัน และจากรายงานการศึกษาขององค์การความร่วมมือระหว่างประเทศญี่ปุ่น (JICA) พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยในกรุงเทพมหานคร ระหว่างช่วง 10 ปีที่ผ่านมาเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า โดยในปี 2536 มีอัตราการเพิ่มถึงปีละ 8% และคาดว่าในปี 2573 จะมีขยะมูลฝอยในเขตกรุงเทพมหานครมากกว่า 40,000 ตันต่อวัน ซึ่งการดำเนินการของกรุงเทพมหานคร สามารถกำจัดได้ไม่เกิน 20,000 ตันต่อวันเท่านั้น หากไม่มีการกำจัดอย่างถูกวิธี หรือไม่มีการควบคุมการเกิดขยะมูลฝอยในกรุงเทพมหานครจะหยุดชะงักก่อนปี 2563 ^[1]

ปัจจุบัน รถเก็บขยะมูลฝอยเฉลี่ย 1.6 เที่ยวต่อคันต่อวัน ถ้ารถเพิ่มขึ้น การจราจรเลวลงจะเก็บขนได้ 1.4 เที่ยวต่อคันต่อวัน ซึ่งถือว่าวิกฤตการณ์การเก็บขยะจะเกิดขึ้นในปี 2538 – 2539 กล่าวคือการเก็บขยะทั้งพื้นที่กรุงเทพมหานครจะทำได้ยาก เพราะติดการจราจร ดังนั้นกรุงเทพมหานคร จึงควรมีเตาเผาขนาด 600 ตันต่อวัน ก่อนปี 2543 และเตาเผาขนาด 1,200 ตันต่อวัน ทุก ๆ 5 ปี เริ่มตั้งแต่ปี 2548 และหากจะเผาขยะมูลฝอย 30 ล้านตัน หรือร้อยละ 19 ของขยะมูลฝอยที่เก็บได้ใน 30 ปี กรุงเทพมหานคร ต้องใช้เงินถึง 51,000 ล้านบาท ^[2]

การกำจัดขยะชุมชนมีหลายวิธีด้วยกัน คือการทำปุ๋ย การทำอาหารสัตว์ การนำกลับมาใช้ใหม่ การฝังกลบและการเผา นอกจากนี้ยังมีการลดปริมาณขยะด้วยวิธีการประชาสัมพันธ์ และการแยกชนิดของขยะตั้งแต่ระดับครัวเรือนถึงระดับโรงงาน แยกขยะในบรรดาวิธีการต่างๆ การเผาเป็นวิธีที่ใช้เทคโนโลยีอย่างเต็มที่และเป็นวิธีที่ต้องนำมาใช้เพื่อให้รับกับปริมาณการเพิ่มของขยะชุมชน ซึ่งนับแต่จะเพิ่มมากขึ้นทุกวันในสังคมสมัยใหม่ที่เจริญเติบโตตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ขยะควรเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถถูกไหม้ได้ด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นเช่นนั้นได้ ค่าความร้อนที่จะก่อให้เกิดการลุกไหม้ได้ด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นเช่นนั้นได้ ค่าความร้อนที่จะก่อให้เกิดการลุกไหม้ ขยะเชื้อเพลิงควรมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม หรือ 3,348.84 กิโลจูลต่อกิโลกรัม

8.1 กระบวนการเผาไหม้^[3]

การเผาไหม้เป็นกระบวนการแปรสภาพที่ใช้ในการลดปริมาณ และน้ำหนักของขยะที่ต้องกำจัด และขณะเดียวกันก็ได้ผลผลิตแปรสภาพและพลังงานการแปรสภาพทางเคมีที่ใช้กันมากในการกำจัดขยะ คือการเผาไหม้ซึ่งสามารถลดปริมาณเดิมของขยะชุมชนที่เผาไหม้ได้ถึงร้อยละ 85 ถึง 95 นอกจากนี้ยังได้ประโยชน์จากพลังงานที่เกิดขึ้นในรูปของความร้อนยังเป็นลักษณะเด่นที่น่าดึงดูดใจอีกอย่างหนึ่งของกระบวนการเผาไหม้ เนื่องจากเทคโนโลยีทางการเผาไหม้ได้เจริญก้าวหน้ามากในระหว่าง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา ปัญหาที่ค้างอยู่ขณะนี้ที่สำคัญ คือการควบคุมอากาศมลพิษจากการเผาไหม้ยังมาตรการควบคุมอากาศมลพิษเข้มงวดด้วยแล้วปัญหาการกำหนดที่ตั้งโรงงานเผาขยะก็ยังเป็นเรื่องไม่ถนัดนัก ถึงแม้จะมีเทคโนโลยีด้านการกำจัดมลพิษจากปล่องเตาพัฒนามากแล้วก็ตาม

ระบบเผาไหม้^[4]

ระบบเผาไหม้ อาจนิยามได้ว่าเป็นกระบวนการผลิตพลังงานความร้อนจากขยะแข็ง โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งอาศัยปริมาณอากาศที่พอดี หรือมากเกินไปเป็นตัวช่วยให้เกิดปฏิกิริยา การเผาไหม้จะให้ก๊าซร้อนซึ่งมักจะประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ (ไอเสีย) และเถ้า การนำพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้มาใช้สามารถทำได้โดยวิธีการแลกเปลี่ยนความร้อน กับก๊าซร้อน

ประเภทของระบบเผาไหม้

ระบบเผาไหม้ขยะแข็ง ออกแบบเพื่อใช้กับเชื้อเพลิงขยะของแข็งสองประเภท คือ ขยะผสม (Commingled solid waste) และขยะแยกประเภท ระบบเผาไหม้ที่นิยมคือระบบที่ใช้ขยะผสมเชื้อเพลิง ในปี 2530 มีระบบเผาไหม้ขยะแข็งที่ใช้ขยะผสมถึงร้อยละ 68 และระบบที่ใช้ขยะแยกประเภท ร้อยละ 23 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 9 เป็นระบบเผาไหม้ขยะผสมแบบ modular combustion unit system

ระบบเผาไหม้แบบผสม

ขยะผสมที่เก็บมาจะถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงของระบบได้ทันทีโดยไม่ต้องคัดแยกประเภทขยะ ในบางโอกาสขยะผสมอาจมีขยะที่เป็นพิษหรือมีอันตรายปนอยู่โดยไม่รู้ ดังนั้นระบบเผาไหม้แบบนี้จึงออกแบบให้มีความทนทานและสามารถป้องกันอันตรายให้แก่ผู้ใช้ได้ ระบบการเผาไหม้ที่ใช้ขยะผสมเป็นเชื้อเพลิงเป็นระบบที่ไม่ยุ่งยาก แต่ต้องออกแบบให้แข็งแรงทนทาน ส่วนประกอบสำคัญที่เป็นจุดอ่อนของระบบนี้ คือ ระบบตะแกรง ทั้งนี้เพราะตะแกรงของระบบ

นี้ต้องรอรับการเคลื่อนตัวเข้าสู่ระบบของขยะหลายรูปแบบรวมถึงอากาศที่ป้อนเข้าสู่ระบบด้วย ตะแกรงนี้มีหลายแบบ เช่น ดาข่าย แบบเขย่า หรือแบบหมุน

ระบบเผาไหม้ที่คัดแยกแล้ว

โดยปกติขยะที่แยกแล้ว จะถูกเผาไหม้บนตะแกรงป้อนเชื้อเพลิงแบบเคลื่อนที่ได้ (traveling grate stoker) ดังแสดงในภาพที่ 8-1 ตะแกรงแบบนี้จะทำให้ขยะที่อยู่บนตะแกรงเผาไหม้ในขณะที่เคลื่อนตัวไปตามตะแกรง โดยในระหว่างนั้นพัดลมจะป้อนอากาศจาก ด้านล่างของตะแกรงขึ้นมา ทำให้เกิดกระแสอากาศปั่นวน (turbulent) ซึ่งจะช่วยให้ขยะที่อยู่บน ตะแกรงเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ระบบเผาไหม้แบบนี้จะทำงานได้ผลดีก็ต่อเมื่อมีการ ออกแบบระบบเป็นการเฉพาะสำหรับขยะประเภทนี้มีการนำระบบไปใช้กับหม้อไอน้ำโดยใช้ ขยะหรือขยะผสมถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งปรากฏว่าได้ผลดีเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 8-1 Traveling grate ^[20]

8.2 ประเภทของเตาเผา (Types of combustion) ^[5]

เตาเผาขยะที่ออกแบบกันทั่วไปสามารถใช้เชื้อเพลิงได้สองประเภท คือ เชื้อเพลิงผสม และเชื้อเพลิงแบบขยะคัดแยก เตาเผาส่วนใหญ่ใช้กับเชื้อเพลิงขยะผสม จากข้อมูลในปี 2530 พบว่า ในบรรดาเตาเผาขยะที่ใช้ผลิตพลังงานในสหรัฐอเมริกาทั้งหมดเป็นเตาเผาแบบขยะผสม ร้อยละ 68 และ เตาเผาแบบขยะคัดแยกร้อยละ 23 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 9 เป็นเตาเผาขยะผสมแบบ modular combustion units

เตาเผาขยะผสม

เนื่องจากขยะผสมที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงไม่ต้องผ่านขั้นตอนการคัดแยกในบางโอกาสขยะผสมอาจมีขยะที่เป็นพิษ หรือมีขยะอันตรายปนอยู่โดยไม่รู้ตัว ดังนั้นเตาเผาขยะจึงต้อง ออกแบบให้มีความทนทาน และสามารถป้องกันอันตรายให้แก่ผู้ปฏิบัติงานได้ แม้ว่าค่า พลังงานจำเพาะของขยะผสมจะแตกต่างกันบ้างตามสภาวะของภูมิอากาศ ฤดูกาล

แหล่งกำเนิด แต่การใช้ขยะผสมเป็นเชื้อเพลิงในระบบผลิตความร้อนก็ยังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน

เตาเผาขยะคัดแยก

เมื่อเปรียบเทียบกับขยะแบบผสมขยะคัดแยกจะมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะเป็นเชื้อเพลิงกว่า ขยะคัดแยกที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงอาจทำให้อยู่ในลักษณะเป็นชิ้นเล็กๆ (shredded) หรือเป็นเส้นฝอย (fluff) หรืออัดเป็นแท่ง เป็นก้อน (identified pellets or cubes) ขยะที่อัดเป็นก้อนหรือก้อนจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการอัดเพิ่มขึ้น แต่การเก็บสำรองและการขนส่งจะสะดวกกว่าการขนขยะแบบอื่น ขยะที่คัดแยกแล้วเหล่านี้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับถ่านหินก็ได้ ด้วยเหตุที่ขยะคัดแยกมีค่าพลังงานจำเพาะสูงกว่าขยะผสม ดังนั้นระบบเผาไหม้ที่ใช้คัดขยะคัดแยกเป็นเชื้อเพลิงจึงมีขนาดเล็กกว่าระบบเผาไหม้ขยะผสม เมื่อเปรียบเทียบกำลังการผลิตที่เท่ากัน แต่ระบบเผาไหม้ขยะคัดแยกจะใช้พื้นที่มากกว่าเนื่องจากการติดตั้งระบบคัดแยกขยะในบริเวณใกล้เคียงกับเตาเผา การเผาไหม้ของขยะคัดแยกสามารถควบคุมได้ง่ายกว่าการเผาไหม้ของขยะผสม เพราะขยะคัดแยกเป็นวัสดุเชื้อเพลิงที่มีความหลากหลายน้อยกว่า ทำให้สามารถควบคุมการเผาไหม้ได้ง่ายกว่า นอกจากนี้การคัดแยกขยะยังสามารถกำจัดขยะที่เป็นโลหะ พลาสติก และวัสดุอื่นที่เป็นสาเหตุให้เกิดมลพิษทางอากาศ

8.3 วิธีเผาในเตาเผา

กระบวนการเผาไหม้ ขั้นตอนการดำเนินงานโรงงานเผาขยะ เริ่มต้นด้วย^(12, 13, 14)

1. การทยอยที่ขนมาด้วยรถขนขยะลงสู่บ่อเก็บ
2. ความกว้างของขานขาลาทยอยและบ่อเก็บขยะ ซึ่งเป็นตัวกำหนดขนาดของโรงงานและจำนวนรถขนขยะที่ต้องเทในเวลาเดียวกัน ความลึก และความกว้างของบ่อขยะพิจารณาได้จากอัตราของขยะที่เข้ามา และ อัตราการเผา ความจุของบ่อเก็บขยะโดยปกติจะเท่ากับปริมาณของขยะ 2 วัน
3. รอกวางเลื่อน ใช้สำหรับขนขยะจากลานกองขยะมาใส่เครื่องป้อนขยะ
4. ขยะจากเครื่องป้อนจะผ่านทางลาดไปสู่เตาเผา
5. ผู้ทำหน้าที่ควบคุมรอกวางเลื่อน สามารถที่จะเลือกขนขยะจากส่วนใด ๆ ของกองขยะ เพื่อแก้ปัญหาขยะที่ความชื้นสูงเกินไปถูกป้อนเข้าสู่เตาเผา นอกจากนี้ผู้ควบคุมรอกวางเลื่อนจะทำหน้าที่คัดขยะที่มีขนาดใหญ่เกินไป หรือขยะที่ไม่ติดไฟออกจากกองขยะที่จะนำไปเผา ส่วนขยะที่เป็นของแข็งจะเลื่อนผ่านทางลาดไปตกลงบนตะแกรง
6. เนื่องจากเป็นการป้อนเชื้อเพลิงจำนวนมากเข้าเตาเผา จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องป้อน

กลเข้ามาช่วย ซึ่งเครื่องป้อนดังกล่าวมีให้เลือกใช้หลายรูปแบบ แล้วแต่ความเหมาะสม

อากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาจะใช้พัดลมเป็นตัวป้อนโดยสามารถเลือกป้อนเข้าสู่เตาได้สองแบบ คือ

1. แบบป้อนจากด้านล่างของตะแกรง
2. แบบป้อนจากด้านบนของตะแกรง

การป้อนอากาศมีประโยชน์ในการควบคุมอัตราการเผาไหม้และอุณหภูมิของเตาเผา ขณะที่เป็นการอินทรีย์ส่วนใหญ่เมื่อถูกเผาไหม้จะให้ก๊าซและอนุภาคสารอินทรีย์ขนาดเล็กซึ่งจะถูกเผาไหม้อีกครั้งภายในห้องเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิประมาณ 370 เซลเซียสความร้อนจากการเผาไหม้ขยะจะถูกถ่ายเทให้น้ำในท่อซึ่งฝังอยู่ในผนังห้องเผาไหม้ น้ำร้อนจากท่อเหล่านี้จะไหลเข้าสู่หม้อไอน้ำ

สำหรับระบบควบคุมมลภาวะทางอากาศที่เกิดจากการเผาขยะ มักประกอบด้วยเครื่องฟันท่อมโมเนียเพื่อดักจับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และเครื่องฟอกอากาศแห้งสำหรับควบคุมปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไอกรดอื่นๆนอกจากนี้ควรมีการติดตั้งระบบกรองไอเสียเพื่อลดปริมาณอนุภาคขนาดเล็กที่อาจหลุดลอยปนออกมากับไอเสีย

การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลภาวะดังกล่าวอาจทำให้ความดันไอเสียลดลงซึ่งจะเป็นผลให้อัตราการเผาไหม้ลดลง ดังนั้นการติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยป้อนอากาศเผาไหม้จะลดปัญหาดังกล่าวได้ เมื่อกระบวนการเผาไหม้สิ้นสุดลงสิ่งที่เหลือคือเถ้าและควันไอเสียควันไอเสียที่ผ่านระบบควบคุมมลภาวะจะถูกปล่อยสู่บรรยากาศทางปล่องควันเถ้าและส่วนที่เผาไหม้ไม่หมดจะร่วงจากตะแกรงลงสู่ที่รองรับและใช้น้ำชะล้างออกจากระบบ เพื่อไปรวมกับเถ้าลอยที่ออกจากเครื่องฟอกอากาศและเครื่องกรองฝุ่นเพื่อนำไปกำจัดต่อไป

การกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีเผาในเตาเผาเป็นวิธีกำจัดขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณการกำจัดขยะมูลฝอยประมาณร้อยละ 85-95 และสามารถลดน้ำหนักขยะมูลฝอยได้ถึงร้อยละ 75 ของน้ำหนักขยะมูลฝอยจากลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอยที่สามารถติดไฟได้ภายในเตาเผา โดยมีอากาศหรือเชื้อเพลิงเสริมภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบและขนาดของเตาเผาแต่ละประเภท ส่วนผลที่เกิดจากปฏิกิริยาเผาไหม้จะเกิดก๊าซชนิดต่างๆ ไอน้ำ ฝุ่น และซีเถ้า โดยที่อุณหภูมิในการเผาไหม้สิ้นสุดท้ายในเตาเผา จะมีอุณหภูมิระหว่าง 650 - 1,700 องศาเซลเซียส ประเภทของเตาเผาสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท⁽¹¹⁾ ดังนี้

เตาเผาชนิดมีแผงตะแกรง (Stoker Type Incineration Process)

เป็นเตาเผาแบบที่นิยมใช้กันมาก โดยอาศัยหลักการเคลื่อนตัวของขยะมูลฝอยบนแผงตะแกรงที่เคลื่อนที่ได้ ทำให้ขยะมูลฝอยถูกรอบแหว่งด้วยไอความร้อนจากเตาไฟที่เข้ามาจากแผงตะแกรง ทำให้น้ำในขยะมูลฝอยระเหยอย่างรวดเร็วและถูกเผาไหม้ภายใต้อุณหภูมิระหว่าง 850 – 1,200 องศาเซลเซียส โดยการเผาแบบนี้จะมีการเผาแบ่งออกเป็นลักษณะตามตะแกรง มี 3 แบบ คือระบบ reciprocating grate ระบบ roller grate และ ระบบ reverse reciprocating grate

ระบบเตาเผาขยะแบบ reciprocating grate ได้แสดงไว้ในภาพที่ 8-2 (ก) ในระบบนี้ ตะแกรงจะ ถูกแบ่งออกเป็นสามส่วน ขยะที่ต้องการเผาทำลาย จะถูกทิ้งลงมาบนตะแกรงส่วนแรก ซึ่งทำหน้าที่ทำให้ขยะแห้ง (เป็นผลมาจากการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีจากขยะส่วนที่กำลังเผาไหม้) ตะแกรงส่วนกลางจะเป็นบริเวณที่เกิดการเผาไหม้ขึ้นในขณะที่ขยะส่วนที่เผาไหม้เรียบร้อยแล้วจะถูกดันไปสู่ตะแกรงส่วนปลายเพื่อลำเลียงเป็นขี้เถ้าออกจากโรงเผา การเคลื่อนตัวของขยะเกิดขึ้นมาจากน้ำหนักตัวของขยะเอง และตะแกรงซึ่งจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่เคลื่อนไหว การควบคุมเวลาที่ขยะใช้ในการเผาไหม้ (residence time to combustion) สามารถควบคุมได้จากความเร็วของตะแกรง ส่วนที่เคลื่อนไหวยังนี้อากาศซึ่งใช้ในการเผาไหม้ถูกส่งผ่านตะแกรงขึ้นมาทางด้านล่าง ^[15, 16, 17]

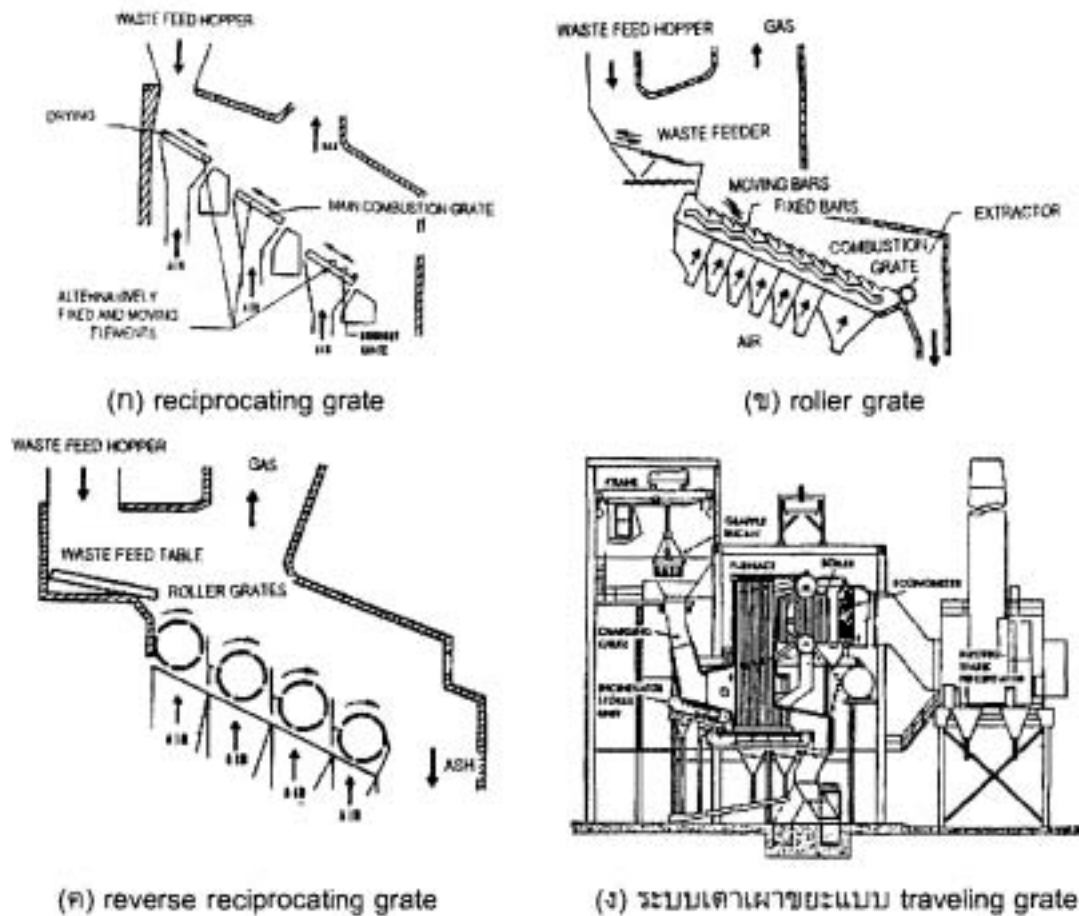
ระบบเตาเผาขยะแบบ Reverse reciprocating grate ภาพที่ 8-2 (ข) ตะแกรงส่วนที่เคลื่อนไหว จะดันขยะให้ เลื่อนลงสู่เบื้องล่าง และพลิกกลับขยะ ในขณะที่เคลื่อนที่กลับ ซึ่งจะเป็นการช่วยให้พื้นที่ถ่ายเทความร้อนของขยะมากขึ้น ที่ ส่วนปลายของตะแกรงจะมี extractor ซึ่งทำหน้าที่ปรับระดับความสูงของชั้นขยะใน ตะแกรง และทำหน้าที่ควบคุมเวลาที่ขยะใช้ในการเผาไหม้

ระบบเตาเผาขยะแบบ Roller grate ตัวลูกกลิ้งจะทำหน้าที่ในการพลิกกลับขยะในขณะที่ตัว มั่นหมุนด้วยความเร็วรอบช้า ๆ ภาพที่ 8-2 (ค) อากาศถูกเป่าจากทางด้านล่าง ทำหน้าที่ช่วยในการเผาไหม้และระบายความร้อนของตะแกรง ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะถูกระบายออกไปยังหม้อไอน้ำ เพื่อแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนกับน้ำสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือใช้ในกระบวนการอื่น ๆ ไป

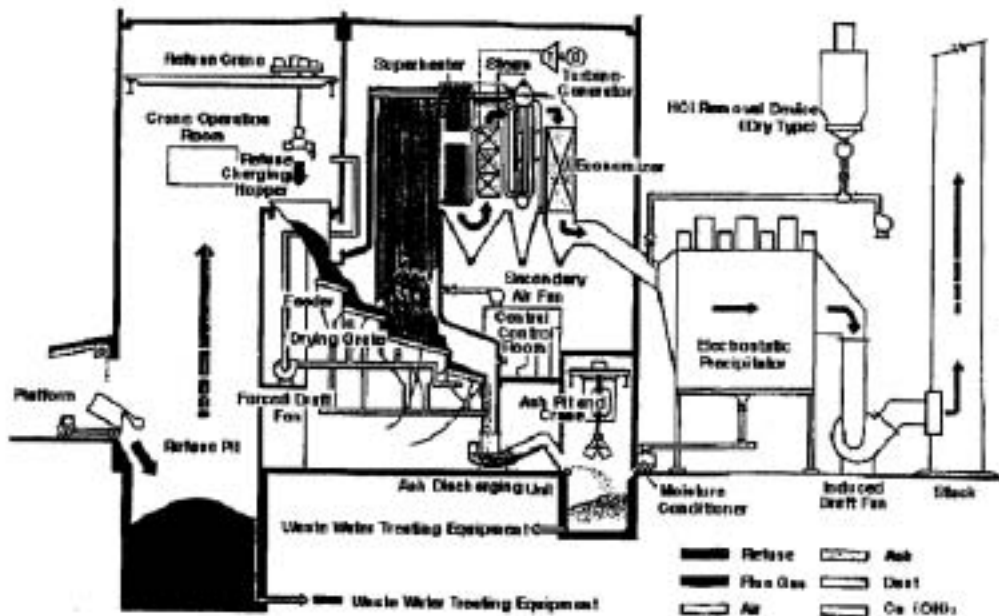
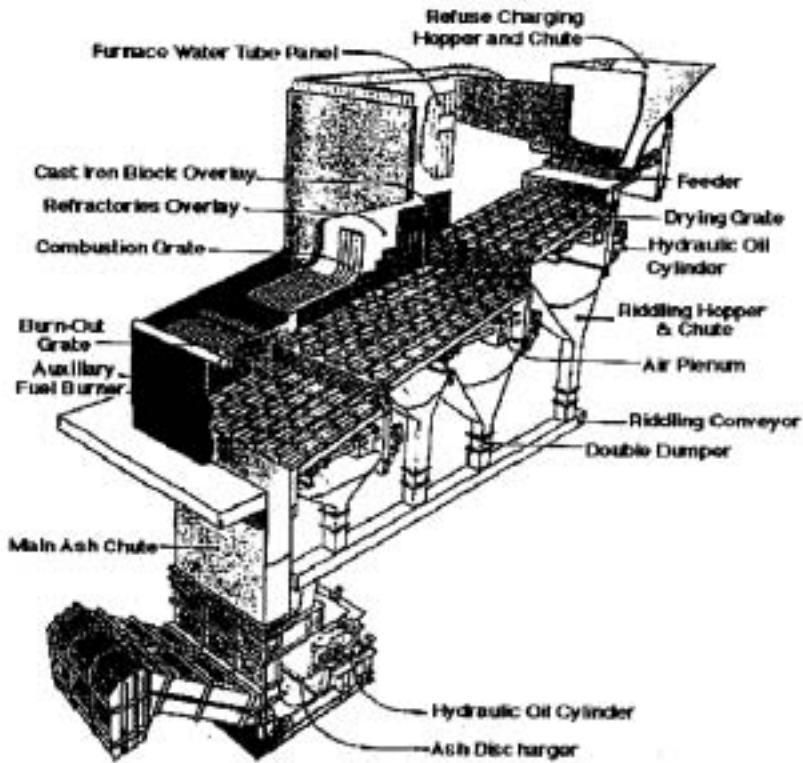
ระบบอเมริกันระบบเตาเผาขยะอีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้ในสหรัฐอเมริกา คือ Travelling grate system ภาพที่ 8-1 และภาพที่ 8-2 (ง) ตะแกรงที่ใช้ในระบบนี้จะมีลักษณะคล้ายสายพานที่ทำจากเหล็กหล่อ หลักการทำงานจะคล้ายคลึงกับระบบ เตาเผายุโรปคือตะแกรงจะแบ่งออกได้

สามส่วนส่วนที่ทำให้ขยะแห้งอยู่บริเวณส่วนต้น ถัดมาคือส่วนที่ทำหน้าที่ในการเผาไหม้ และ ส่วนสุดท้ายคือขยะที่เผาไหม้เสร็จเรียบร้อยแล้ว

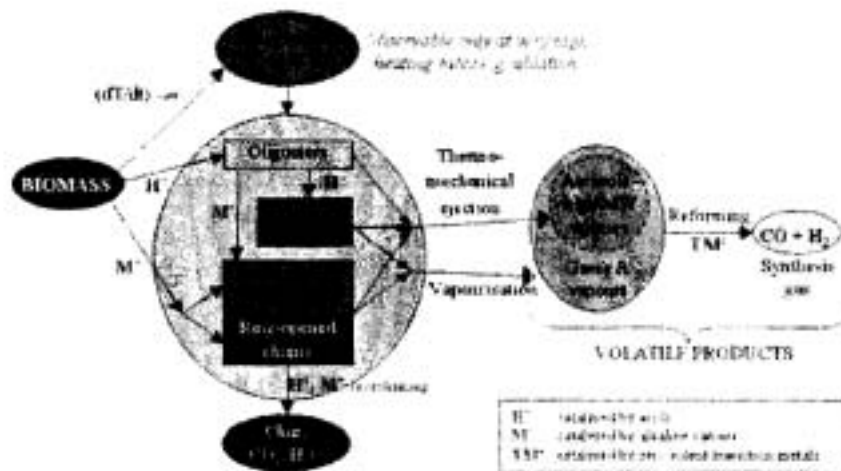
สำหรับระบบญี่ปุ่น ดังแสดงในภาพที่ 8-3 เป็นของ TAKUMA Step Grate Type Burning Stoker



ภาพที่ 8-2 Stoker Type Incineration Process^[21]



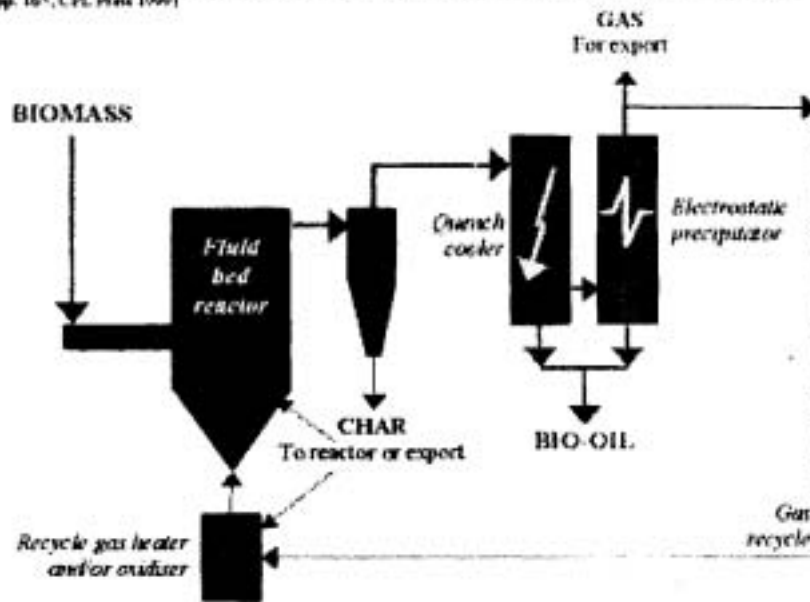
ภาพที่ 8-3 TAKUMA Step Grate Type Burning Stoker^[21]



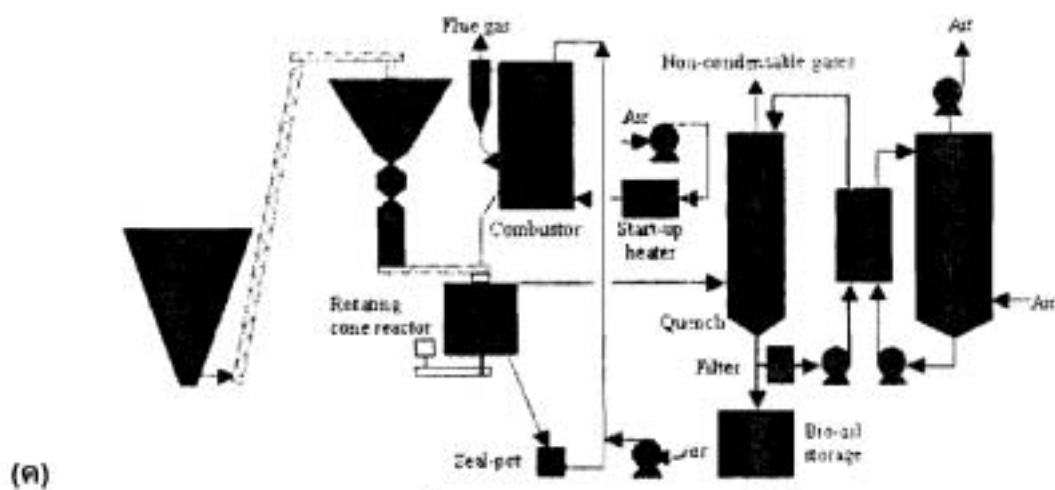
Mechanisms of biomass pyrolysis

(n)

(Radwan D., "The Production of Chemicals from Fast Pyrolysis Bio-oil", in Bridgeman A. et al. Fast Pyrolysis of Biomass: A Handbook, pp. 16⁵, CPL Press 1999)



(n)



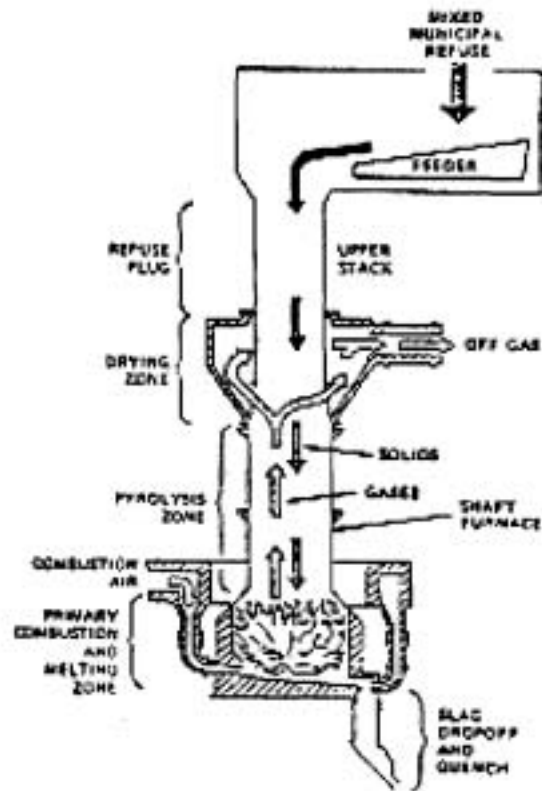
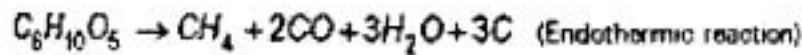
ภาพที่ 8-4 Pyrolysis Technology⁽²²⁾

เตาเผาไร้อากาศเผาไหม้สมบูรณ์ (Pyrolysis with Afterburning Process)

เป็นขบวนการเผาแบบไร้อากาศ หรือใช้อากาศค่อนข้างน้อย และเผาโดยใช้อากาศ เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 8-4 (ก) (ข) (ค)

กระบวนการนี้จำเป็นต้องให้ความร้อน เพื่อก่อให้เกิดปฏิกิริยา (Endothermic reaction) ไม่ เหมือนกับ Incineration ซึ่งใช้อากาศในการเผาไหม้และเป็นกระบวนการที่ให้ความร้อนออกมา (Exothermic reaction) พิจารณากระบวนการ Pyrolysis ของเซลลูโลส (องค์ประกอบหลักของกระดาษ) ดังภาพที่ 5.5 ก๊าซซึ่งได้จากกระบวนการนี้ คือมีเทน คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ไฮโดรเจน ซึ่งก๊าซที่ได้นี้ เป็นก๊าซที่สามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิง ได้ส่วนได้คาร์บอนที่เหลืออยู่ (3C) ภายในเตาจะประกอบไปด้วยโลหะออกไซด์ของโลหะและอื่น ๆ (องค์ประกอบเหล่านี้มาจากขยะที่ใช้ในกระบวนการ)

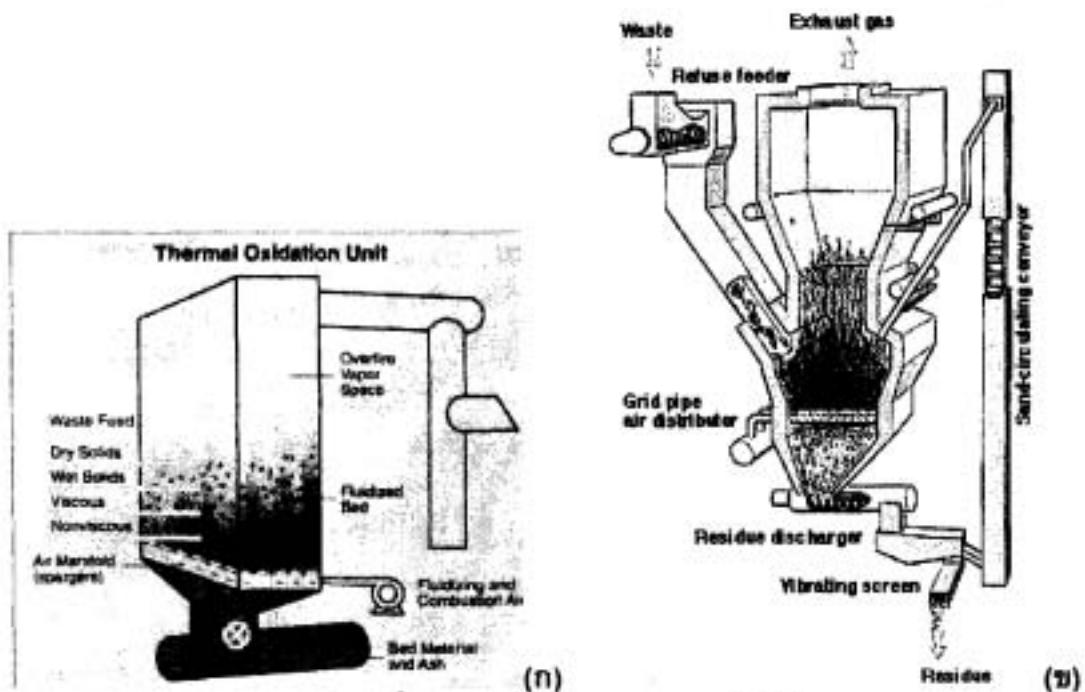
ระบบเตาเผาขยะแบบ Pyrolysis ได้แสดงไว้ในภาพที่ 8-5 ในทางปฏิบัติจะเห็นว่า มีอากาศถูกเติมเข้าไปในห้องเผาไหม้ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เกิดความร้อนกับกระบวนการอากาศส่วนนี้จะมีปริมาณน้อยกว่าอากาศที่ต้องการตามทฤษฎีมาก ระบบ เตาเผาขยะแบบนี้ใช้ได้ดี เช่นกันกับขยะประเภทกิ่งของเหลว หรือ ขยะของเสีย (sludge waste)



ภาพที่ 8-5 เตาเผาขยะระบบ Pyrolysis^[20]

เตาเผาแบบใช้ตัวกลางนำความร้อน (Fluidized Bed Incineration Process)

ตัวกลางนำความร้อนของเตาเผาแบบ Fluidized Bed ทำมาจากแร่ควอทซ์ หรือ ทรายแม่น้ำ ซึ่งมีขนาดของอนุภาคประมาณ 1 มิลลิเมตร เป็นตัวกลางนำความร้อน และอากาศจะถูกเป่าเข้าไปเพื่อการเผาไหม้ของขยะมูลฝอย โดยที่ขยะมูลฝอยเหล่านั้นจะถูกตัดเป็นชิ้น และนำเข้าเตาเผาเพื่อกวนผสมให้เข้ากัน และถูกเผาไหม้โดยความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 850 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำความร้อนในขยะมูลฝอยระเหยจนการเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์^[11] ดังแสดงในภาพที่ 8-6



ภาพที่ 8-6 Fluidized Bed Incineration [23] [24]

8.4 ข้อดีและข้อเสียของวิธีเผาในเตาเผา^[8, 9, 10, 11]

ข้อดี

- 1) ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างโรงงานกำจัดขยะมูลฝอยน้อย
- 2) สามารถลดน้ำหนักและปริมาตรของขยะมูลฝอยลงได้มาก
- 3) ทำให้ขยะมูลฝอยไหม้ และปราศจากเชื้อโรคต่างๆ ได้
- 4) สามารถนำเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ไปถมที่ลุ่มได้
- 5) ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งขยะมูลฝอย เพราะสามารถสร้างในตัวเมืองได้
- 6) สามารถนำความร้อนจากการเผาไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ เช่น ผลิตกระแสไฟฟ้า

ข้อเสีย

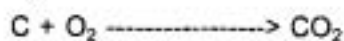
- 1) ต้องใช้ผู้มีความรู้และมีความชำนาญในการดำเนินงาน
- 2) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่อนข้างสูง
- 3) ในกรณีที่การก่อสร้างไม่ได้มาตรฐานทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมได้ กล่าวคือ อาจก่อปัญหาเรื่องมลพิษขั้นที่สองได้ เช่น ปัญหามลพิษทางอากาศ

เป็นพิษ เป็นต้น

8.5 ผลผลิตจากการเผาไหม้

องค์ประกอบทั่วไปของขยะที่เป็นของแข็ง ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และ ซัลเฟอร์ องค์ประกอบอื่น ๆ นอกเหนือจากนั้นก็ยังมีบ้าง ซึ่งสามารถตรวจพบได้จากแก้วของการเผาไหม้ ในทางทฤษฎี(เงื่อนไขอุดมคติ) การเผาไหม้ขยะที่เป็นของแข็งด้วยอากาศจำนวนพอดีกับการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ จะได้ผลผลิตเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO₂ น้ำ, ก๊าซไนโตรเจน ไออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อีกเล็กน้อย ในทางปฏิบัติปฏิกิริยาอื่น ๆ อาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการเผาไหม้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะของขยะและลักษณะการออกแบบห้องเผาไหม้ ปฏิกิริยาพื้นฐานที่เกิดจากการเผาไหม้ของ คาร์บอน ไฮโดรเจน และซัลเฟอร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของสารอินทรีย์ที่เป็นขยะของแข็งมีดังนี้

ปฏิกิริยาของการเผาไหม้ของคาร์บอน



ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของไฮโดรเจน



ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของซัลเฟอร์



8.6 สมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของขยะชุมชน^[5, 6, 7]

การกำจัดขยะชุมชนมีหลายวิธีด้วยกัน คือการทำปุ๋ย การทำอาหารสัตว์ การนำกลับมาใช้ใหม่ การฝังกลบและการเผา นอกจากนี้ยังมีการลดปริมาณขยะด้วยวิธีการประชาสัมพันธ์ และการแยกชนิดของขยะตั้งแต่ระดับครัวเรือนถึงระดับโรงงานแยกขยะ ในบรรดาวิธีการต่าง ๆ การเผาเป็นวิธีที่ใช้เทคโนโลยีอย่างเต็มที่ และเป็นวิธีที่ต้องนำมาใช้เพื่อรับมือกับปริมาณการเพิ่มของขยะชุมชน ซึ่งนับแต่จะเพิ่มมากขึ้นทุกวันในสังคมสมัยใหม่ที่เจริญเติบโต ตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ขยะควรเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถลุกไหม้ได้ด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นเช่นนั้นได้ ค่าความร้อนที่จะก่อให้เกิดการลุกไหม้ ขยะเชื้อเพลิงควรมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 800 กิโลแคลอรี หรือ 3,360 กิโลจูลต่อกิโลกรัม

สมบัติทางเคมีของขยะชุมชน

ความเป็นไปได้ในการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมีของขยะชุมชนหนึ่งๆ ทั่วๆ ไปมีคุณสมบัติ 4 ประการจะต้องทราบคือ

- (1) การวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธีประมาณ (proximate analysis)
- (2) จุดหลอมละลายของเถ้า (fusing point analysis)
- (3) การวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธีละเอียด (ultimate analysis)
- (4) ปริมาณค่าความร้อน (energy content)

การวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธีพรอกซิเมท

การวิเคราะห์ปัญหานี้สำหรับส่วนประกอบของขยะที่ลุกไหม้ได้ ซึ่งมีการทดสอบดังนี้

- (1) ความชื้น (การสูญเสียความชื้นเมื่อให้ความร้อนถึง 105 เซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง)
- (2) สารเผาไหม้ได้ ที่เป็นสารระเหย (การสูญเสียเพิ่มขึ้นของน้ำหนักระหว่างการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 950 °C ในเบ้าหลอมที่ปิดมิดชิด)
- (3) คาร์บอนคงตัว (ส่วนที่เหลือเผาไหม้ได้ หลังจากไล่สารระเหยออกแล้ว)
- (4) เถ้า (น้ำหนักของส่วนที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ในเบ้าหลอมเปิด)

จุดหลอมละลายของเถ้า

- (1) จุดหลอมละลายของเถ้า หมายถึง อุณหภูมิที่เถ้าเกิดจากการเผาขยะจะก่อเป็นก้อนโดยการหลอมละลายและรวมตัวกัน ซึ่งในกรณีของขยะอุณหภูมินี้ในช่วง 1,100 – 1,120 องศาเซลเซียส
- (2) สำหรับโรงงานเผาขยะ การกำจัดเถ้าถ่านที่ตกค้างอยู่ในเตาเผา ด้วยการทำให้เปียกแล้วขนไป-ทิ้งเป็นภาระที่หนักยิ่ง ดังนั้นถ้าได้ใช้ความร้อนเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย เพื่อให้เถ้าจับกันเป็นก้อน อาจจะนำก้อนเถ้าหลอมไปใช้ทำเป็นวัสดุก่อสร้างบางอย่างได้

การวิเคราะห์ด้วยละเอียด

(1) การวิเคราะห์ด้วยวิธีละเอียดนี้เกี่ยวกับการหาปริมาณร้อยละของ C (คาร์บอน) H (ไฮโดรเจน) N (ไนโตรเจน) S (ซัลเฟอร์) และเถ้า ในกรณีที่ต้องรอบคอบถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม การหาสารประกอบพวกคลอรีน เระหว่างการเผาไหม้ วิธีการวิเคราะห์แบบนี้ มักจะต้องรวมหาการหาสารจำพวกฮาโลเจนด้วย

(2) ผลของการวิเคราะห์ด้วยวิธีละเอียดนี้ จะใช้เป็นเครื่องบอกถึงคุณลักษณะ ส่วนประกอบทางเคมีทางเคมีของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอย นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวกำหนด ส่วนผสม C / N ที่เหมาะสมในการทำขบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาอีกด้วย

ตารางที่ 8-1 ส่วนประกอบทางเคมีที่เผาได้ของชุมชนทั่วๆ ไป

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง					
	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	ไนโตรเจน	ซัลเฟอร์	กำมะถัน
สารอินทรีย์	48.0	6.4	37.6	2.6	0.4	5.0
เศษอาหาร	43.5	6.0	44.0	0.3	0.2	6.0
กระดาษ	44.0	5.9	44.6	0.3	0.2	0.5
กล่องกระดาษ	60.0	7.2	22.8	-	-	10.0
พลาสติก	55.0	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5
สิ่งทอ	78.0	10.0	-	2.0	-	10.0
ยาง	60.0	8.0	11.6	10.0	0.4	10.0
หนัง	47.8	6.0	38.0	3.4	0.3	4.5
เศษหญ้า, ใบไม้	49.5	6.0	42.7	0.2	0.1	1.5
ไม้	-	-	-	-	-	-
สารอนินทรีย์	0.5	0.1	0.4	< 0.1	-	98.9
แก้ว	4.5	0.6	4.3	< 0.1	-	90.5
โลหะ	26.3	3.0	2.0	0.5	0.2	68.0
ฝุ่น, เถ้า	-	-	-	-	-	-

ตาราง 8-2 ค่าปริมาณความร้อนของขยะชุมชน

องค์ประกอบ	เศษที่เหลือจากการเผาไหม้ %		พลังงาน บีทียู / ปอนด์*	
	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย
สารอินทรีย์	2-8	5.0	-	-
เศษอาหาร	4-8	6.0	1500-3000	2000
กระดาษ	3-6	5.0	5000-8000	7200
กล่องกระดาษ	6-20	10.0	6000-7500	7000
พลาสติก	2-4	2.5	12000-16000	14000
สิ่งทอ	8-20	10.0	6500-8000	7500
ยาง	8-20	10.0	9000-12000	10000
หนัง	2-6	4.5	6500-8500	7500
เศษหญ้า , ใบไม้	0.6-2	1.5	1000-8500	2800
ไม้	-	-	7500-8500	8000
สารอินทรีย์อื่นๆ	-	-	-	-

ตัวอย่างการผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีละเอียดของส่วนประกอบเผาไหม้ได้ของขยะชุมชน โดยเฉลี่ยแสดงในตาราง 8-1 และ 8-2

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- [1] กชกร อนุชา, 2540, การศึกษาสำรวจความรู้ด้านวัสดุศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อการจำแนกประเภทขยะก่อนทิ้ง กรณีศึกษาสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล จังหวัดนครปฐม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า3, 57.
- [2] แมคโครคอนซัลแตนและอินเด็กซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล กรุ๊ป, 2537, การสำรวจศึกษาความเหมาะสมระบบการจัดการมูลฝอยของสุขาภิบาลประชาธิปไตย จังหวัดปทุมธานี, กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย, 404 หน้า.
- [3] แมคโครคอนซัลแตน และ Post, Buckley, Schun & Jernigan, INC., 2539, การศึกษาระบบแยกขยะมูลฝอยเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์, ส่วนแผนการพัฒนาท้องถิ่น กรมการปกครอง, 170 หน้า.
- [4] อุมชาติ ธนผลมุตตกุล, 2538, การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการแยกประเภทขยะมูลฝอยของผู้อยู่อาศัยในอาคารชุด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 9-27.
- [5] จำรูญ ยาสุมุท, 2527, การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม, โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 250 หน้า.
- [6] บรีดา แยมเจริญวงศ์, 2531, การจัดการขยะมูลฝอย, ขอนแก่น, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 226 หน้า.
- [7] ณัฐริกา วายุภาพ, 2536, การศึกษาการบังคับใช้กฎหมายควบคุมการทิ้งขยะมูลฝอยจากชุมชนในเขตกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 19-22.
- [8] พิเชิด สกมลพรหมณ์, 2535, การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม, พิมพ์ที่ห้างหุ้นส่วนจำกัด ธีระการพิมพ์, 612 หน้า.
- [9] ณรงค์ ณ เชียงใหม่, 2530, สุขภาพสิ่งแวดล้อมชุมชน, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 405 หน้า.
- [10] สุทิน อยู่สุข, 2531, "การคาดประมาณและลักษณะของมูลฝอย", การฝึกอบรมทางวิชาการเรื่องการจัดการมูลฝอย, จัดโดย สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ร่วมกับกรมการปกครอง มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช และ JICA, วันที่ 19-23 กันยายน 2531, หน้า 19-25.

- [11] กรมควบคุมมลพิษ. 2536. การเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการกำจัดมูลฝอย. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
- [12] ทิพย์พร จอนเจดสิน. 2539. การวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐศาสตร์กรณีโรงไฟฟ้าพลังความร้อนกระบี่เปรียบเทียบกับน้ำมันเตาและถ่านหิน. กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [13] บริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด. 2536. โครงการสำรวจศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบการจัดการขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่จังหวัดภูเก็ต. กรมโยธาธิการ, กระทรวงมหาดไทย.
- [14] ยูพิน ประจวบเหมาะ และ นุฎล กรยีนยงค์. 2534. การลงทุนในธุรกิจกำจัดขยะของเอกชนกรณีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในเขตกรุงเทพมหานคร. คณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [15] สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2535. การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการกำจัดขยะมูลฝอย. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- [16] วรางคณา กิจเกื้อกุล. 2541. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการกำจัดขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองภูเก็ต. กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [17] สุคนธา ไชยนิคม. 2541. การศึกษาการนำรูปแบบการคัดแยกมูลฝอยไปใช้ในชุมชนที่มีการจัดการชุมชนที่มีระเบียบและไม่ระเบียบ. กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [18] สำนักงานบริการสารสนเทศอุตสาหกรรมพลังงาน. 2544. พลังงานทดแทน สารความรู้เกี่ยวกับพลังงาน. กรุงเทพมหานคร : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- [19] http://www.forester.net/mw_0109_history.html
- [20] <http://www.fortuneclty.com/meltingpot/mlk/1307/incinerator.html>
- [21] http://net21.unep.or.jp/CTT_DATA/WASTE/WASTE_3/html/Waste-061.html
- [22] <http://www.pyne.co.uk/pyne/sections.php>
- [23] <http://www.cleanharbors.com/chtd/Kimball/kimball.html>
- [24] http://net21.unep.or.jp/CTT_DATA/WASTE/WASTE_3/html/Waste-057.html

แบบฝึกหัดท้ายบท

ตอนที่ 1 จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด

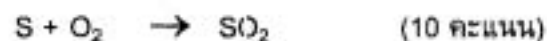
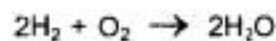
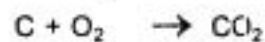
- ข้อดีของการเผาผลาญแบบใช้เตาเผา?
 - ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อย
 - ลดปริมาณมลพิษได้มาก
 - นำความร้อนไปใช้งานอื่น ๆ ได้
 - ต้องใช้ผู้ชำนาญการในการควบคุมเตา
 - ลดน้ำหนักมลพิษได้มาก
- ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยสำคัญในการเผาไหม้?
 - เวลาในการเผาไหม้ (Time)
 - ความปั่นป่วน (Turbulent)
 - อุณหภูมิในการเผาไหม้ (Temperature)
 - การป้อนมลพิษ (Feed)
 - ออกซิเจน (Oxygen)
- จงคำนวณหาอากาศตามทฤษฎี (Stoichiometric air) สำหรับการเผาไหม้ก๊าซมีเทน 1 กรัม โดยมีสมการดังนี้ $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
(แสดงวิธีทำย่อ ๆ พื้นที่ว่างด้านข้าง)(5 คะแนน)
 - 2 กรัม ของอากาศ
 - 3 กรัม ของอากาศ
 - 4 กรัม ของอากาศ
 - 5 กรัม ของอากาศ
 - 6 กรัม ของอากาศ

ตอนที่ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้

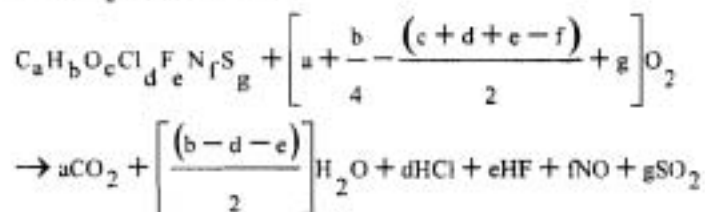
1. ระบบการเผาผลาญจะมีความเหมาะสมสำหรับชุมชนในกรณีใด?
2. มูลฝอยชุมชนซึ่งมีสูตรโมเลกุล $C_{562}H_{900}O_{414}N_{66}S$ ปริมาณ 100 ตันต่อวันถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาเผาเพื่อนำพลังงานกลับมาใช้ประโยชน์ ถ้ามูลฝอยดังกล่าวมีความชื้น 20% และมีปริมาณสารเผาไหม้ไม่ได้ (inert) 20% โดยกำหนดให้ออกซิเจนในมูลฝอยอยู่ในรูปของน้ำทั้งหมด จงคำนวณหาปริมาณของอากาศที่ต้องการ โดยให้มีปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 100% ของปริมาณที่ต้องการทางทฤษฎี?

กำหนดให้

- น้ำหนักอะตอมของ C=12, H=1, O=16, N=14, S=32
- อากาศประกอบด้วยออกซิเจน 23% โดยน้ำหนัก (น้ำหนักจำเพาะของอากาศเท่ากับ 1.20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
- ปฏิกริยาการเผาไหม้ของธาตุองค์ประกอบมูลฝอยคือ



3. เตาเผาโบทหนึ่งมีพัดลม (Bower) ที่สามารถเป่าให้อากาศได้ 4,000 ลูกบาศก์เมตรในเวลา 1 นาที (CMM) จงคำนวณหาอัตราการป้อนขยะ (kg ขยะ/นาที) ที่เตาเผาสามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ดังสมการ?



โดยกำหนดให้

องค์ประกอบของขยะเป็น $C_{38.3}H_{61.0}O_{29.1}N_{0.07}$

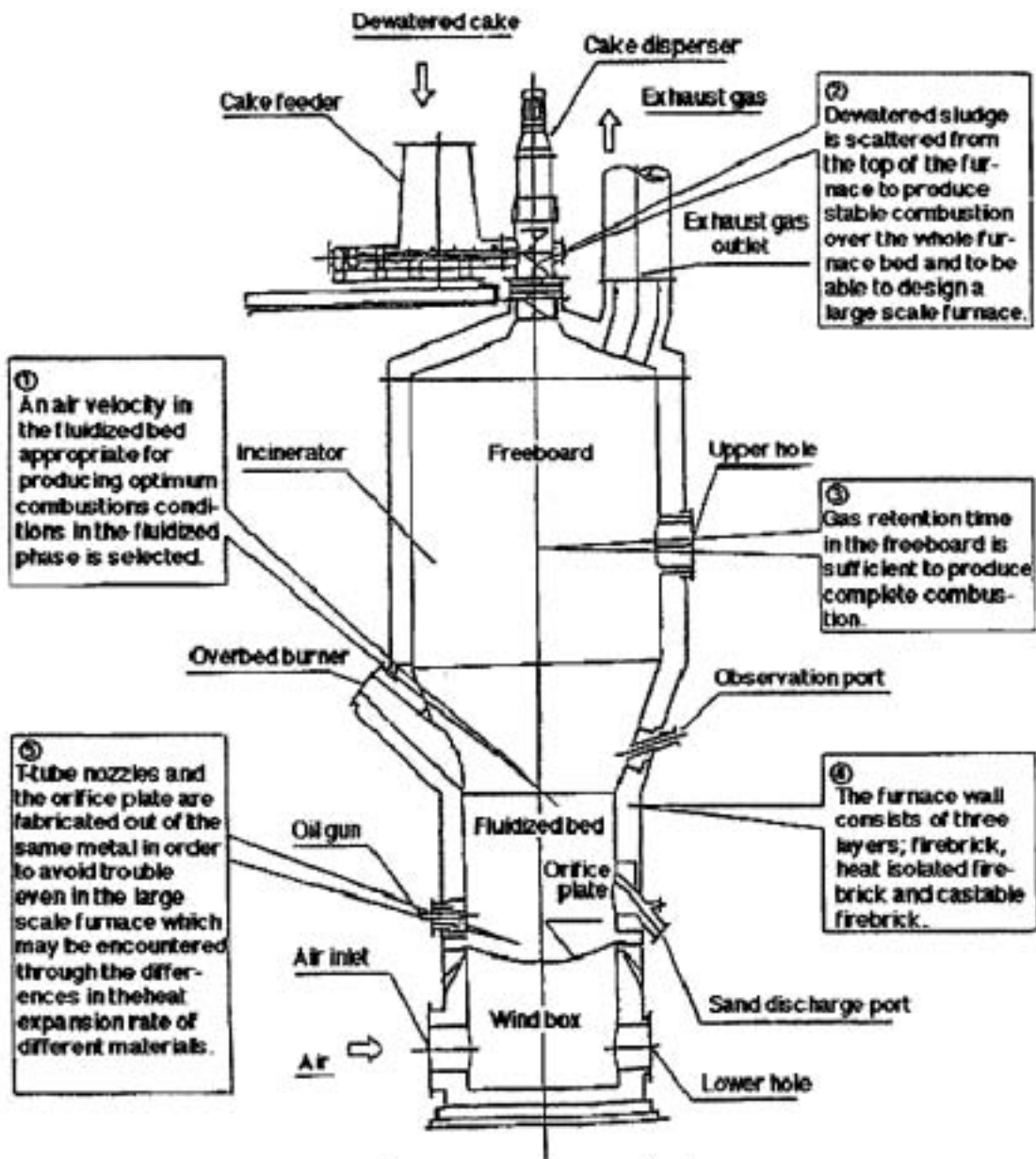
อากาศมี $O_2 = 21\%$ โดยปริมาตร

1 mole O_2 at $0^\circ C$ 1 atmosphere pressure = $22.4 \cdot 10^{-3} m^3$

ขยะมีความชื้น 5.20 % และ สารเผาไหม้ไม่ได้ (noncombustible) 5.06 % โดยน้ำหนัก

4. ให้อธิบายเป็นข้อ ๆ ให้ชัดเจน ตรงประเด็นที่ถาม?

5. จงอธิบายขั้นตอนเป็นลักษณะแผนผัง (Flow chart) Incineration System Design ของการ
ออกแบงานจัดการขยะ?



ภาพที่ 8-7 เตาเผาแบบฟลูอิดไธซ์เบด

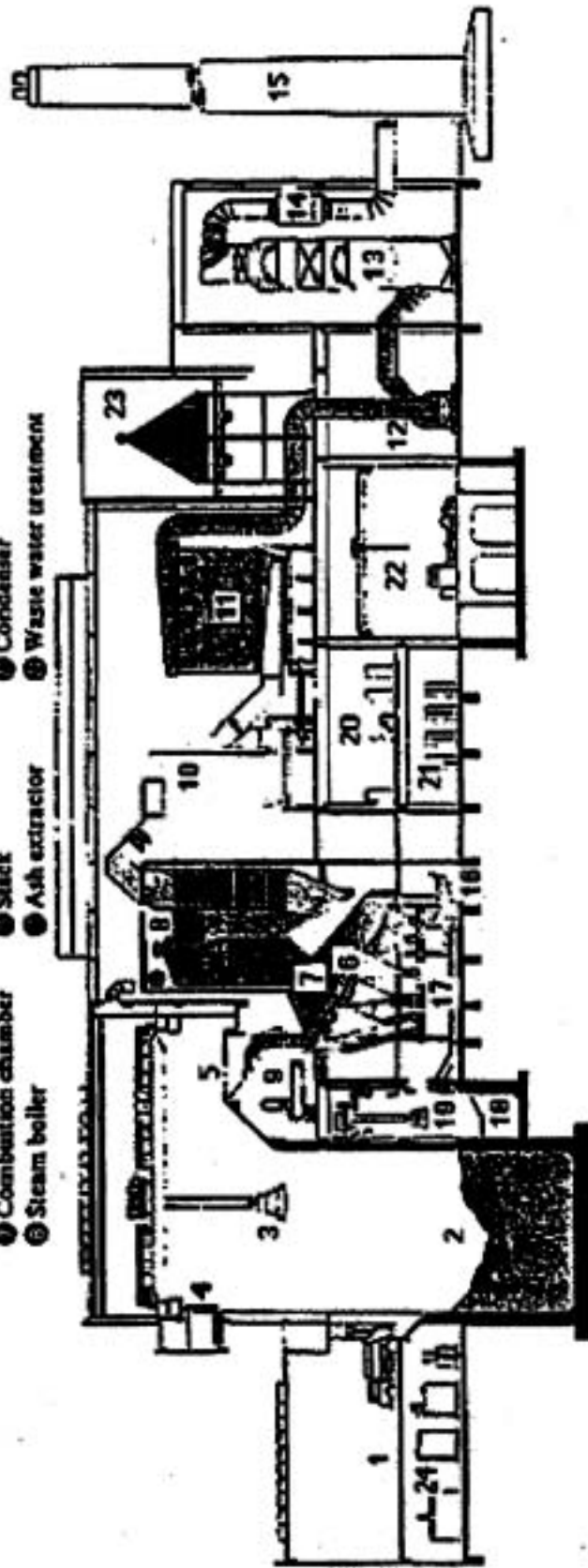
6. ให้อธิบายแล้วอธิบาย

- หลักการเผาไหม้ของเตาในภาพ มาเป็นข้อ ๆ
- อธิบายส่วนต่าง ตามหมายเลขที่ปรากฏในภาพ ตั้งแต่ 1 ถึง 5

7. ให้อธิบาย แล้วอธิบาย

- หลักการเผาไหม้ของเตาในภาพ มาเป็นข้อ ๆ
- อธิบายส่วนต่าง ๆ และหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ตามหมายเลขที่ปรากฏในภาพ ตั้งแต่ 1 ถึง 24

- ① Unloading platform
- ② Refuse bunker
- ③ Refuse crane
- ④ Crane operator's cabin
- ⑤ Refuse feeding hopper
- ⑥ Combustion grates
- ⑦ Combustion chamber
- ⑧ Steam boiler
- ⑨ Forced draft fan
- ⑩ Flue gas cooler
- ⑪ Bag filter
- ⑫ Induced draft fan
- ⑬ Flue gas scrubber
- ⑭ Reheater
- ⑮ Stack
- ⑯ Ash extractor
- ⑰ Ash conveyor
- ⑱ Ash bunker
- ⑲ Ash crane
- ⑳ Central control room
- ㉑ Electrical equipment
- ㉒ Turbine generator
- ㉓ Condenser
- ㉔ Waste water treatment



ภาพที่ 8-8 ระบบเผาขยะด้วยเครื่อง STOKER