

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก ในการกำจัด
 ขยะอุตสาหกรรม จากสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี
ผู้วิจัย พันทรือนันต์ สุน่ปาน **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม
 อุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ (2) รองศาสตราจารย์
 ปิติ พูนไชยศรี **ปีการศึกษา** 2545

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาสำรวจ ชนิด ปริมาณ ลักษณะ และระบบการจัดการขยะอุตสาหกรรมที่ดำเนินการอยู่ของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี (2) เลือกประเภทขยะอุตสาหกรรมของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดโดยเตาเผาและ (3) ทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก โดยการเผาขยะอุตสาหกรรมจากสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

ในการศึกษาได้ใช้ขยะจากโรงงานในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี จำนวน 28 โรงงาน โดยใช้แบบสำรวจเป็นเครื่องมือเพื่อ สำรวจ ชนิด ปริมาณ ลักษณะ และระบบการจัดการขยะอุตสาหกรรม และทำการสุ่มตัวอย่างขยะอุตสาหกรรมประเภทที่เผาไหม้ได้จากขยะทั่วไป โดยวิธีแบ่งสัดส่วน สำหรับการกำจัดโดยเตาเผา หลังจากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยการควบคุมอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ให้คงที่ที่ 400– 500 องศาเซลเซียส และ 700-800 องศาเซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ให้คงที่ไว้ที่ช่วง 700-1,200 องศาเซลเซียส ในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน การทดสอบค่าที และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการวิจัยพบว่า (1) มีขยะอุตสาหกรรมจากสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ประมาณวันละ 26.84 ตัน แบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ขยะรีไซเคิล ร้อยละ 16.26 ขยะอินทรีย์ ร้อยละ 2.65 ขยะทั่วไป ร้อยละ 31.92 ซึ่งจัดเก็บโดยเทศบาลท้องถิ่น และขยะอันตราย ร้อยละ 49.17 จัดเก็บโดย บริษัท บริหารและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จำกัด (มหาชน) (2) ขยะที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดโดยเตาเผา คือ ขยะทั่วไปซึ่งเป็นประเภทที่เผาไหม้ได้ ร้อยละ 51.18 (3) จากการเผาพบว่า มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ โลหะหนัก ปริมาณซีเถ้า อัตราการเผาไหม้ อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและค่าที่ออกแบบของเตาเผา ยกเว้นปริมาณฝุ่นละอองมีค่าเกินมาตรฐาน และจากการทดสอบทางสถิติพบว่า อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองการทดลอง อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งมีผลต่อปริมาณก๊าซมลพิษ และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สอง อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองมีผลต่อปริมาณก๊าซมลพิษเช่นเดียวกับอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบครั้งเดียวกันมีผลทำให้ค่าปริมาณก๊าซมลพิษในทุกช่วงอุณหภูมิแตกต่างกัน

คำสำคัญ ขยะอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพของเตาเผา ก๊าซมลพิษ

Thesis title : A STUDY ON EFFICIENCY OF A SMALL SCALE CONTROLLED-AIR INCINERATOR IN INDUSTRIAL SOLID WASTES DISPOSAL IN SAHA GROUP INDUSTRIAL PARK , KABINBURI

Researcher : Maj. Anant Soonpan ; **Degree :** Master of Public health (Industrial Environmental Management) ; **Thesis advisors :** (1) Dr. Jakkris Sivadechathep , Associate Professor ; (2) Peeti Poonchaiyasri , Associate Professor ;

Academic year : 2002

ABSTRACT

The objectives of this study were (1) to survey the existing types, quantity, composition and industrial solid wastes management system of Saha Group Industrial Park in Kabinburi ; (2) to classify the industrial solid wastes of Saha Group Industrial Park in Kabinburi that were suitable for disposal by incinerator; and (3) to determine the efficiency of a small scale controlled – air incinerator by burning the industrial solid wastes of Saha Group Industrial Park in Kabinburi.

Solid wastes taken from the twenty-eight factories of Saha Group Industrial Park in Kabinburi was studied by using questionnaires to survey the types, quantity , composition and management system of industrial solid wastes. The combustible industrial solid wastes were undertaken by means of quartering random sampling from general wastes for disposal by incinerator. The efficiency testing of a small scale controlled-air incinerator of 100 kilograms per hour was done by constantly controlling the temperature of the primary burning chamber at 400-500 °C and 700-800 °C whereas the temperature of the secondary burning chamber were controlled at range 700-1,200 °C. The data were analyzed by using percentage, mean, standard deviation, Pearson's correlation coefficient, t-test and ANOVA.

The results of the studies showed that (1) the quantity of industrial solid wastes of Saha Group Industrial park in Kabinburi was approximately 26.84 tons/day classified into 4 types including 16.26% recycle wastes , 2.65% organic wastes , 31.92% general wastes which were collected by the local Municipality and 49.17% hazardous wastes which were collected by the General Environmental Conservation Public Company Limited (GENCO) ; (2) the waste suitable for disposal by incinerator was combustible wastes that was 51.18% of general wastes. ; and (3)The combustion showed that the amount of hydrogenchloride , heavy metals , ash , burning rate , fuel consumption rate met the standard criteria's and designed parameters of incinerator excluding the total suspended particles. The statistical analysis indicated that the temperature of primary burning chamber were not significantly different in both experiments. The temperature of primary burning chamber affected to amount of polluted gases and temperature of secondary burning chamber. The temperature of secondary burning chamber affected to amount of polluted gases as same as the temperature of primary burning chamber. The difference of temperature of secondary burning chamber in the same experiment affected to different amount of polluted gases.

Keywords : Industrial solid wastes, Efficiency of incinerator, Air pollutants

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษาแนะนำในด้านวิชาการและการปฏิบัติอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ปิติ พูนไชยศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมรัฐ เกิดสุวรรณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อาจารย์ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาของท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคุณสุทธิเจตน์ จันทศิริ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่กรุณาให้ความสนับสนุนและแนะนำช่วยเหลือในด้านข้อมูลทางวิชาการ และนางสาวนุชปวีณ์ เอี่ยมคำจันทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการเรียบเรียงและการพิมพ์

ขอขอบคุณ บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทตรวจวิเคราะห์ปริมาณค่าดัชนีต่างๆ ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ก็ด้วยกำลังใจจากคุณแสงอรุณ สุ่นปาน ภรรยาและบุตรทั้งสองเป็นอย่างดียิ่ง

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยนี้ ขอมอบเพื่อตอบแทนพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ และทุกท่านที่มีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของงานวิจัยนี้

อนันต์ สุ่นปาน

มกราคม 2546

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	4
ขอบเขตการวิจัย.....	5
ประโยชน์ของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	7
นิยามและความหมายขยะอุตสาหกรรม.....	7
ชนิดและปริมาณของกากอุตสาหกรรมในประเทศไทย.....	10
การจัดการกากอุตสาหกรรมจากโรงงานอุตสาหกรรม.....	22
นโยบายจัดการกากอุตสาหกรรมและของเสียอันตรายในประเทศไทย.....	30
สถานะการจัดการกากอุตสาหกรรมในปัจจุบัน.....	37
องค์ประกอบและลักษณะสมบัติของขยะอุตสาหกรรม.....	39
กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับของเสียอันตราย.....	41
การเผาไหม้และการเผาทำลายขยะมูลฝอย.....	42
ระบบเตาเผาขยะมูลฝอย.....	62
ระบบควบคุมมลพิษอากาศสำหรับเตาเผาขยะมูลฝอย.....	67
บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	74

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	80
ส่วนที่ 1 การสำรวจการจัดการขยะอุตสาหกรรมของแต่ละโรงงาน	
ในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี.....	80
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	80
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	80
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	81
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	81
ส่วนที่ 2 สำรวจประเภท ชนิด ปริมาณและองค์ประกอบของขยะอุตสาหกรรม	
ในแต่ละโรงงานของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี.....	81
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	81
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	82
ส่วนที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพและตรวจสอบคุณภาพอากาศ.....	88
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	99
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	99
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	114
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	118
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	119
ส่วนที่ 1 ผลการสำรวจประเภทชนิดปริมาณ และองค์ประกอบของขยะอุตสาหกรรม.....	119
ตอนที่ 1 สภาพของประชากรหรือกลุ่มตัวอย่าง.....	119
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมุติฐานและประเด็นปัญหา.....	130
ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเตาเผาและตรวจสอบ	
คุณภาพอากาศที่ปล่อยจากเตาเผา.....	132
ตอนที่ 1 สถานภาพของประชากรหรือกลุ่มตัวอย่าง.....	132
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง.....	133
บทที่ 5 สรุปการวิจัยอภิปรายและข้อเสนอแนะ.....	185
สรุปการวิจัย.....	185
อภิปรายผล.....	187
ข้อเสนอแนะ.....	189

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	192
ภาคผนวก.....	196
ก แบบสำรวจเพื่อการวิจัย.....	197
ข มาตรฐานมลพิษอากาศจากเตาเผา.....	216
ค ผลการบันทึกข้อมูลมลพิษทางอากาศจากเครื่องตรวจวัดมลพิษทางอากาศ อัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง.....	225
ง ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละออง ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ จากปล่องเตาเผาและ ปริมาณโลหะหนักจากขี้เถ้า.....	232
จ ภาพถ่ายระบบเตาเผาชนิดควบคุมอากาศ ของสวนอุตสาหกรรมศรีอหพัฒน กบินทร์บุรี.....	237
ประวัติผู้วิจัย.....	240

ญ
สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงประเภทและปริมาณของขยะที่จัดเป็นกากของเสียอันตราย.....12
ตารางที่ 2.2	แหล่งกำเนิดกากของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรม.....15
ตารางที่ 2.3	ชนิดกากของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรม.....15
ตารางที่ 2.4	ส่วนประกอบของขยะกรุงเทพมหานคร.....16
ตารางที่ 2.5	การประเมินปริมาณกากของเสียอันตราย แยกตามกลุ่ม แหล่งกำเนิดและปี.....17
ตารางที่ 2.6	ปริมาณของเสียอันตราย แยกตามประเภทและปี.....18
ตารางที่ 2.7	ปริมาณกากอุตสาหกรรมในประเทศญี่ปุ่น.....19
ตารางที่ 2.8	วิวัฒนาการของส่วนประกอบของขยะในกรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส.....20
ตารางที่ 2.9	ส่วนประกอบของขยะมูลฝอยในสหรัฐอเมริกา.....21
ตารางที่ 2.10	เปรียบเทียบวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยในด้านเทคนิคและด้านเศรษฐกิจ.....35
ตารางที่ 2.11	ปริมาณการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม.....38
ตารางที่ 2.12	แสดงร้อยละของขยะอุตสาหกรรมที่นำไป Recycle.....39
ตารางที่ 2.13	การแบ่งประเภทมูลฝอยตามนิยามของ Incinerator Institute of America.....40
ตารางที่ 2.14	องค์ประกอบของอากาศในบรรยากาศ.....48
ตารางที่ 2.15	การเผาไหม้ Cellulose ($C_6H_{10}O_5$) _n โดยใช้อากาศส่วนเกิน.....53
ตารางที่ 2.16	ลักษณะสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อ.....56
ตารางที่ 2.17	องค์ประกอบโดยเฉลี่ยของขยะมูลฝอย.....57
ตารางที่ 2.18	ลักษณะปฏิกิริยาการเผาทำลายที่สมบูรณ์.....60
ตารางที่ 2.19	วิธีการที่ใช้ในการควบคุมมลพิษอากาศจากเตาเผามูลฝอย.....68
ตารางที่ 2.20	ชนิดและปริมาณของสารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผา อุตสาหกรรมที่ไม่ผ่านการบำบัดและผ่านการบำบัด.....75
ตารางที่ 3.1	ดัชนี (parameter) ที่ตรวจวัดในการทดสอบคุณภาพอากาศ.....90
ตารางที่ 3.2	ตารางสรุปข้อมูลเทคนิคของเตาเผา.....103
ตารางที่ 3.3	สมมูลมวลของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก.....107
ตารางที่ 4.1	ตารางสรุปข้อมูลประเภทขยะแต่ละโรงงาน ในสวนอุตสาหกรรมเครือ สหพัฒน์กบินทร์บุรี.....121

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.2	ตารางแสดงข้อมูลระยะรีไซเคิลของบริษัทฯ ในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี.....123
ตารางที่ 4.3	ตารางแสดงข้อมูลระยะทั่วไปของบริษัทฯ ในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี.....125
ตารางที่ 4.4	ตารางแสดงข้อมูลระยะอันตรายของบริษัทฯ ในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี.....128
ตารางที่ 4.5	ข้อมูลแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาชนิดควบคุมอากาศ ขนาดเล็กแบบกำหนดน้ำหนักขยะที่ป้อนเข้าเตาเผาแบบเป็นช่วงเวลากการทดลองครั้งที่ 1.....134
ตารางที่ 4.6	ข้อมูลแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาชนิดควบคุมอากาศ ขนาดเล็กแบบกำหนดน้ำหนักขยะที่ป้อนเข้าเตาเผาแบบเป็นช่วงเวลากการทดลองครั้งที่ 2....142
ตารางที่ 4.7	เปรียบเทียบอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองที่ 1 กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองที่ 2.....151
ตารางที่ 4.8	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งกับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่ สองของการทดลองในการทดลองครั้งที่ 1.....156
ตารางที่ 4.9	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งกับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองของการทดลองในการทดลองครั้งที่ 2.....157
ตารางที่ 4.10	ผลการทดสอบทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองที่ 1 กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองที่ 2 ในแต่ละช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สอง.....158
ตารางที่ 4.11	เปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ของการทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ในแต่ละช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สอง ตั้งแต่ 800 – 1100 องศาเซลเซียส.....158
ตารางที่ 4.12	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศจากเตาเผาขยะมูลฝอยชนิดควบคุมอากาศของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี.....159
ตารางที่ 4.13	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองกับมลพิษอากาศที่ปล่อยเตาเผาการทดลองที่ 1.....167

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.14	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองกับมลพิษ อากาศที่ปล่องเตาเผาการทดลองที่2.....	168
ตารางที่ 4.15	เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการเผา ของการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2 ในช่วงอุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ ที่สอง.....	169
ตารางที่ 4.16	เปรียบเทียบความแตกต่างของเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการ ทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาของการทดลองครั้งที่ 1 กับการทดลองครั้งที่ 2 ที่ อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองช่วง 900 องศาเซลเซียส.....	169
ตารางที่ 4.17	เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการ ทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาของการทดลองครั้งที่ 1 กับการทดลองครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองช่วง 1000 องศาเซลเซียส.....	170
ตารางที่ 4.18	เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการ ทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาของการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2 ที่ อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองช่วง 1000 องศาเซลเซียส.....	171
ตารางที่ 4.19	เปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยของก๊าซที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาที่ช่วง อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองของการทดลองครั้งที่ 1 กับการทดลองครั้งที่ 2 ของการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา.....	172
ตารางที่ 4.20	เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในแต่ละช่วงอุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สอง ในการทดสอบ ประสิทธิภาพเตาเผาของการทดลองครั้งที่ 1.....	173
ตารางที่ 4.21	เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละช่วง อุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ครั้งที่ 1.....	174
ตารางที่ 4.22	เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซออกไซด์จากไนโตรเจนในแต่ละ ช่วงอุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ครั้งที่ 1.....	174

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.23	เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในแต่ละช่วง อุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ของการทดลอง ครั้งที่ 2.....175
ตารางที่ 4.24	เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละช่วง อุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ครั้งที่ 2.....175
ตารางที่ 4.25	เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในแต่ละ ช่วงอุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ครั้งที่ 2.....175
ตารางที่ 4.26	เปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของก๊าซ CO , SO ₂ และ NO _x ในแต่ละช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สอง ของแต่ละการทดสอบใน กลุ่มเดียวกัน.....176
ตารางที่ 4.27	เปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา กับค่าที่ออกแบบ.....179
ตารางที่ 4.28	โลหะหนักในจีเถ้าที่เหลือจากการเผาขยะมูลฝอย.....181
ตารางที่ 4.29	ข้อมูลเปรียบเทียบเตาเผาขยะติดเชื้อและขยะอุตสาหกรรมแบบต่าง ๆ.....183

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1	การจัดแบ่งประเภทของเสียอุตสาหกรรม.....9
ภาพที่ 2.2	แผนภูมิแสดงการบำบัดและกำจัดของเสียอันตรายด้วยวิธีต่าง ๆ.....26
ภาพที่ 2.3	แผนภูมิแสดงกระบวนการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์.....29
ภาพที่ 2.4	แผนภูมิแสดงองค์ประกอบของระบบการจัดการกากของเสีย.....34
ภาพที่ 2.5	องค์ประกอบของระบบการเผาทำลาย.....44
ภาพที่ 2.6 (ก)	ปฏิกิริยาของออกซิเจน.....50
ภาพที่ 2.6 (ข)	ระดับของออกซิเจนที่พอดี (Stoichiometric).....50
ภาพที่ 2.7	ระดับของอากาศที่พอดี (Stoichiometric).....51
ภาพที่ 2.8	การเผาไหม้แบบอากาศส่วนเกิน (Excess air).....51
ภาพที่ 2.9	การเผาไหม้แบบจำกัดอากาศ (Starved air).....52
ภาพที่ 2.10	แสดงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์.....61
ภาพที่ 2.11	แสดงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์.....62
ภาพที่ 2.12	แสดงองค์ประกอบระบบเตาเผาขยะมูลฝอย.....63
ภาพที่ 2.13	แสดงองค์ประกอบของเตาเผาแบบควบคุมอากาศ.....65
ภาพที่ 2.14	แผนภาพแสดงการทำงานของเตาเผาแบบควบคุมอากาศ.....66
ภาพที่ 2.15	ลักษณะการดักจับ โดยการดูดซับ.....69
ภาพที่ 2.16	หลักการการทำงานของสกรับเบอร์แบบเปียก.....70
ภาพที่ 2.17	ลักษณะการดักจับ โดยการปะทะ.....70
ภาพที่ 2.18	ระบบดักจับแบบเปียกชนิดคอคอดสี่เหลี่ยม.....71
ภาพที่ 2.19	หลักการในการดักจับอนุภาคของแบบคอคอด.....72
ภาพที่ 2.20	ระบบดักจับแบบเปียกชนิดตัวกลาง.....73
ภาพที่ 2.21	ระบบดักจับแบบเปียกชนิดฉีดพ่นที่มีการไหลสวนทาง.....74
ภาพที่ 3.1	เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศและปล่องระบายของ รถตรวจอากาศแบบเคลื่อนที่.....92
ภาพที่ 3.2	เครื่องตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์.....94
ภาพที่ 3.3	เครื่องตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์.....96
ภาพที่ 3.4	เครื่องตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....97

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.5	เครื่องตรวจวัดสารแขวนลอยในอากาศ.....98
ภาพที่ 3.6	เตาเผาขยะแบบแยกส่วนอากาศพร้อมการทำพลังงานความร้อนกลับมาใช้ใหม่.....100
ภาพที่ 3.7	มิติภายนอก.....104
ภาพที่ 3.8	ลักษณะการจ่ายอากาศเข้าเตาเผาที่ออกแบบ.....110
ภาพที่ 3.9	เครื่องป้อนขยะอัตโนมัติติดตั้งกับเตาเผาขยะ.....112
ภาพที่ 3.10	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องป้อนขยะ.....113
ภาพที่ 3.11	ขั้นตอนการทำงานของตัวพลิกขยะ.....113
ภาพที่ 3.12	แผนภาพแสดงการทำงานของอุปกรณ์ป้อนขยะ.....114
ภาพที่ 3.13	ดัชนีที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผาขยะมูลฝอย.....115
ภาพที่ 3.14	ขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก ของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี.....116
ภาพที่ 3.15	ลำดับการทำงานและการควบคุมอุปกรณ์ของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง.....117
ภาพที่ 4.1	สัดส่วนของขยะอุตสาหกรรมในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี.....130
ภาพที่ 4.2	สัดส่วนของขยะทั่วไป.....131
ภาพที่ 4.3	สัดส่วนและองค์ประกอบของขยะอุตสาหกรรมจำแนกตามประเภทส่วนที่เผาไหม้ได้...131
ภาพที่ 4.4	อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง การทดลองที่ 1.....150
ภาพที่ 4.5	อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง การทดลองที่ 2.....150
ภาพที่ 4.6	อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาไหม้ที่สอง การทดลองที่ 1.....153
ภาพที่ 4.7	อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาไหม้ที่สอง การทดลองที่ 2.....153
ภาพที่ 4.8	ค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง กับห้องเผาไหม้ที่สอง การทดลองที่ 1.....155
ภาพที่ 4.9	ค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง กับห้องเผาไหม้ที่สอง การทดลองที่ 2.....155
ภาพที่ 4.10	ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ การทดลองที่ 1.....160
ภาพที่ 4.11	ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ การทดลองที่ 2.....161
ภาพที่ 4.12	เปรียบเทียบค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ของผลการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่...162
ภาพที่ 4.13	ค่าเฉลี่ยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การทดลองที่ 1.....163

ณ

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.14	ค่าเฉลี่ยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การทดลองที่ 2.....163
ภาพที่ 4.15	เปรียบเทียบค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2.....164
ภาพที่ 4.16	ค่าเฉลี่ยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน การทดลองที่ 1.....165
ภาพที่ 4.17	ค่าเฉลี่ยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน การทดลองที่ 2.....165
ภาพที่ 4.18	เปรียบเทียบค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ของการทดลองที่ 1 กับการ ทดลองที่ 2.....166

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการที่ประเทศไทยได้ปรับแผนการพัฒนาประเทศจากภาคเกษตรกรรมมาสู่ภาคอุตสาหกรรม ส่งผลให้สภาพแวดล้อม และสุขภาพของประชาชนเสื่อมลง เนื่องจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ทั้งมลพิษทางอากาศ น้ำเสีย ขยะและของเสียอันตราย มลพิษที่เกิดขึ้นบนพื้นดิน เป็นมลพิษที่เป็นปัญหามากที่สุดที่มีความจำเป็นจะต้องดำเนินการกำจัดอย่างถูกต้อง คือ ขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยเป็นสิ่งที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิต และบริโภคของคนในชุมชน และอุตสาหกรรม ปริมาณขยะมูลฝอยมีเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนประชากร และจากการขยายตัวของเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว และธุรกิจอื่น ๆ

ประเทศไทยมีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยโดยเฉลี่ยประมาณ 0.9 กิโลกรัม ต่อคนต่อวัน (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2544 : 3) จากข้อมูลที่สำรวจปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากชุมชน ทั่วประเทศ ในปี พ.ศ. 2542 มีประมาณ 13.8 ล้านตัน หรือ 37,880 ตันต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ 2544 : 4) และมีอัตราการเพิ่มประมาณร้อยละ 4.40 ต่อปี (นักวิจัยระดับปฏิบัติการรุ่นที่ 2 2543 : 22) ทำให้เกิดปัญหาของสิ่งแวดล้อม ซึ่งยากต่อการกำจัดหากไม่มีระบบการกำจัดขยะ และวิธีการกำจัดอย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพ

สำหรับขยะอุตสาหกรรมที่มีใช้ของเสียอันตรายจากภาคอุตสาหกรรม มีการนำของเสียของเหลือใช้ไปใช้ประโยชน์ใหม่ในอัตราร้อยละ 40 ของปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ (กรมควบคุมมลพิษ 2544 : 5) และของเสียหรือของเหลือใช้ที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตยังมีอัตราการนำเข้ามาใช้สูงอยู่ ซึ่งหากมีการรวบรวมของเสียของเหลือใช้ในประเทศมาแปรรูปใช้ใหม่ จะทำให้ปัญหาการนำเข้าวัตถุดิบลดลงได้ ส่วนขยะมูลฝอยทั่วไปที่มีใช้ของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมขนาดเล็กและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ยังคงทิ้งรวมกับขยะมูลฝอยชุมชน โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่บางแห่งจ้างเอกชนเป็นผู้นำไปกำจัดแต่บางครั้งมีการลักลอบนำเอาไปทิ้งรวมกับขยะมูลฝอยชุมชน ทำให้มีการปะปนของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมรวมอยู่ด้วย ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมทั้งดิน น้ำ และอากาศ

การกำจัดขยะมูลฝอยมีหลายวิธี เช่น การฝังกลบ การเทกอง การหมักทำปุ๋ย และการเผาทำลายโดยใช้เตาเผา แต่ละวิธีมีข้อจำกัดในตัวเอง รวมทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ทั้งในด้านค่าใช้จ่าย เงินลงทุน และค่าดำเนินการเทคโนโลยี ความยากง่ายในการใช้งาน ประสิทธิภาพการกำจัด รวมไปถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในการกำจัดขยะมูลฝอยไม่สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีหนึ่งวิธีใดเพียงอย่างเดียว ต้องใช้หลายวิธีตามความเหมาะสม และความจำเป็นของแต่ละสถานที่ ซึ่งการกำจัดขยะมูลฝอยที่ดี จำเป็นต้องมีการคัดแยกขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่มาใช้ประโยชน์ต่อไป (Recycle) เช่น กระดาษ ขวด โลหะ แยกขยะอินทรีย์ที่สามารถนำไปทำ ปุ๋ยหมัก ส่วนที่เหลือใช้ประโยชน์อื่น ๆ จะต้องนำไปทำการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล หรือทำการกำจัดโดยการเผาทำลายต่อไป

สำหรับการกำจัดขยะโดยวิธีเผา (Incineration) เป็นการกำจัดที่ถูกหลักสุขาภิบาลที่ดีที่สุดในวิธีหนึ่ง ซึ่งจะสามารถลดปริมาณขยะลงได้ประมาณร้อยละ 80-90 (นักวิจัยระดับปฏิบัติการ รุ่นที่ 2 2543 : 20)

สวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ตั้งอยู่ที่ตำบลนนทรี อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี อยู่ในเขตพื้นที่ส่งเสริมการลงทุน เขต 3 มีเนื้อที่รวม 2,400 ไร่ กำหนดเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่พาณิชยกรรม 1,806 ไร่ หรือร้อยละ 75.25 เนื้อที่ส่วนที่เหลือเป็นที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสียกลาง บ่อรวบรวมน้ำเสีย เตาเผาขยะ ที่ฝังกลบขยะรวม 122 ไร่ และพื้นที่ปลูกป่า 472 ไร่ (รายงานการประเมินกระทบสิ่งแวดล้อม 2534 : 2) ในปี พ.ศ. 2545 มีบริษัทในเครือสหพัฒน์ เข้ามาลงทุนจัดตั้งโรงงาน และสำนักงาน จำนวน 28 บริษัท เพื่อผลิตสินค้าอุปโภค และบริโภค ส่งจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยผู้บริหารของบริษัทได้ให้ความสำคัญด้านการผลิตสินค้าควบคู่กับการรักษาสิ่งแวดล้อม ทั้งในด้านการ ควบคุมคุณภาพน้ำทิ้ง คุณภาพอากาศ และการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนและอุตสาหกรรม เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม และกรมควบคุมมลพิษกำหนด โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของชุมชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณโดยรอบของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

การคาดการณ์ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในโครงการตามผลการประเมินผลกระทบของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี กำหนดอัตราการเกิดขยะประมาณ 18-20 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน สำหรับพื้นที่อุตสาหกรรม และ 0.8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน สำหรับที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม ปัจจุบันปริมาณขยะที่ต้องกำจัด ทั้งขยะจากอุตสาหกรรมและกิจกรรมพนักงานมีปริมาณรวมทั้งหมดประมาณ 2.5 ตันต่อวัน ดำเนินการกำจัดโดยนำไปทิ้งบ่อฝังกลบขยะของเทศบาล และองค์การบริหารส่วนตำบลที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ของโรงงาน สำหรับของเสียอันตรายจาก

โรงงานอุตสาหกรรม จะถูกกำจัดโดยบริษัท บริหารและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจำกัด (มหาชน)

ตามข้อมูลรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมของ โครงการสวนอุตสาหกรรมเครื่อง สหพัฒน์ กบินทร์บุรี โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2534 กำหนด ให้โครงการสวนอุตสาหกรรมเครื่องสหพัฒน์ กบินทร์บุรี กำจัดขยะโดยใช้เตาเผา ขนาด 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ติดตั้งจำนวน 6 เตา บริเวณระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง ปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมงต่อ วัน ซึ่งจะสามารถกำจัดขยะให้หมดในแต่ละวัน และปัจจุบัน โครงการสวนอุตสาหกรรมเครื่อง สหพัฒน์ กบินทร์บุรี ได้ติดตั้งเตาเผาชนิด ควบคุมอากาศ ขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จำนวน 1 เตา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาขยะที่เกิดจากอุตสาหกรรม และใช้เป็นข้อมูล ในการขยายการดำเนินการต่อไป

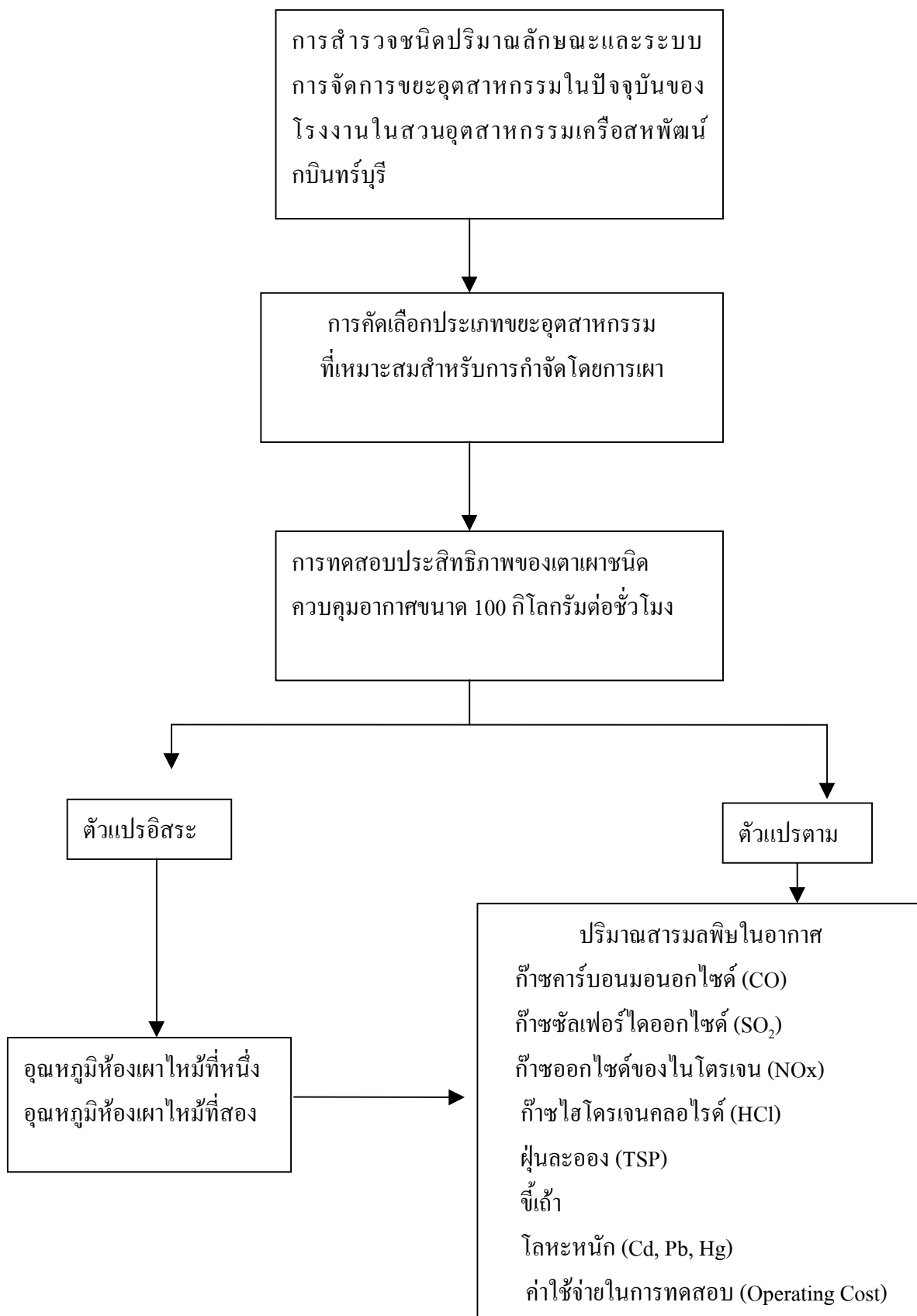
เพื่อสนองต่อนโยบายของทางราชการที่จะให้ทางสวนอุตสาหกรรม เป็นผู้ดำเนินการ จัดการขยะ และของเสียจากอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงได้ดำเนินการศึกษาเพื่อจัดการขยะ อุตสาหกรรม โดยการกำจัดด้วยเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก สำหรับสวนอุตสาหกรรม เครื่องสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ซึ่งมีหลักการสำคัญคือ รมรงค์ส่งเสริมและประชาสัมพันธ์ให้พนักงาน มีการคัดแยกขยะก่อนทิ้งลงถังสาธารณะภายใน โรงงาน โดยแบ่งขยะออกเป็น 4 ประเภท คือ ขยะรีไซเคิล ขยะอินทรีย์ ขยะพิษ และขยะทั่วไป โดยขยะรีไซเคิลจะนำกลับมาใช้ใหม่หรือขาย ขยะอินทรีย์สามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก ขยะพิษจะมีการบำบัดก่อนนำส่งบริษัทบริหารและ พัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จำกัด (มหาชน) (เจน โก้) เพื่อนำไปทำลาย ต่อ ไป และขยะทั่วไป หรือขยะเชื้อเพลิงจะใช้วิธีนำไปเผาด้วยเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก โดยคำนึงถึงการ ลงทุน ค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะ และความปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก ในการกำจัดขยะ อุตสาหกรรม สำหรับสวนอุตสาหกรรมเครื่องสหพัฒน์ กบินทร์บุรี มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- 2.1 เพื่อศึกษา สัารวจชนิด ปริมาณ ลักษณะ และระบบการจัดการขยะอุตสาหกรรม ในปัจจุบันของสวนอุตสาหกรรมเครื่องสหพัฒน์ กบินทร์บุรี
- 2.2 เพื่อเลือกประเภทขยะอุตสาหกรรมที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดโดยเตาเผา
- 2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก โดยการเผา ขยะอุตสาหกรรมของสวนอุตสาหกรรมเครื่องสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



4. ขอบเขตการวิจัย

4.1 ศึกษาการจัดการขยะอุตสาหกรรมในปัจจุบันของโรงงานในสวนอุตสาหกรรม
ศรีอหพัฒน กบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

4.2 สํารวจเก็บตัวอย่างขยะเพื่อคัดแยกชนิด ปริมาณ ลักษณะ สัดส่วน และการ
กระจายขยะภายในแต่ละโรงงานของสวนอุตสาหกรรมศรีอหพัฒน กบินทร์บุรี จำนวน 28
โรงงาน

4.3 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน และทดสอบคุณภาพอากาศที่ปลดปล่อยจาก
เตาเผา

5. ประโยชน์ของการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก ในการกำจัดขยะ
อุตสาหกรรม จากสวนอุตสาหกรรมศรีอหพัฒน กบินทร์บุรี คาดว่าจะได้รับประโยชน์จากการ
ศึกษา ดังนี้

5.1 ได้วิธีการจัดการขยะอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับเตาเผาชนิดควบคุม
อากาศขนาดเล็ก

5.2 ข้อมูลจากการทดสอบระบบเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก สามารถนำไปใช้
เป็นแนวทางในการประเมินประสิทธิภาพของเตาเผาอื่น ๆ ได้

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 สวนอุตสาหกรรม (Industrial Park) หมายถึง เขตอุตสาหกรรมศรีอหพัฒน
ซึ่งเป็นที่ตั้ง โรงงานประเภทต่าง ๆ เพื่อผลิตสินค้าออกจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ โดยมีระบบ
การจัดการสาธารณสุข โภค และการควบคุมมลภาวะที่เกิดจากการผลิต เพื่อให้ปลอดภัยต่อชุมชน
และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

6.2 ขยะอุตสาหกรรม (Industrial solid wastes) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิดจาก
กระบวนการผลิตสินค้า และกิจกรรมของพนักงานภายใน โรงงาน และสำนักงาน ภายในสวน

อุตสาหกรรมที่สำคัญได้แก่ ขยะรีไซเคิล ขยะอินทรีย์ ขยะทั่วไป และขยะเชื้อเพลิง ทั้งนี้ไม่รวมถึง ขยะพิษและสารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม

6.3 ของเสียอันตราย (Hazardous waste) หมายถึง ขยะพิษหรือสารพิษที่เกิดจาก กระบวนการผลิตของโรงงานที่มีองค์ประกอบของวัตถุอันตราย ได้แก่ วัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุ ออกซิไดซ์ วัตถุเปอร์ออกไซด์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุที่มีอันตรายสูง วัตถุที่ก่อให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็ นเคมีภัณฑ์ หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อบุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม

6.4 เตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก (Small scale controlled-air incinerator) หมายถึงเตาเผาที่แบ่งการเผาไหม้เป็น 2 ขั้นตอน โดยในขั้นแรกจะควบคุมการเผาไหม้ขยะมูลฝอย ในสภาวะไร้อากาศหรือใช้อากาศค่อนข้างน้อย (Starved air) ที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศา เซลเซียส และในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็ นการเผาไหม้ในสภาวะอากาศมากเกินไป (Excess air) และ อาจใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเสริม เพื่อให้ได้อุณหภูมิในเตาประมาณ 850-1,200 องศาเซลเซียส เตาเผา ประเภทนี้ เหมาะสำหรั บปริมาณขยะมูลฝอยที่มีปริมาณน้อยคือ ไม่เกิน 1 ตันต่อชั่วโมง หรือ 10 ตัน ต่อวัน

6.5 ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal solid waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิด จากกิจกรรมต่าง ๆ ในชุมชน เช่น บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ ตลาดสด สถาบันต่าง ๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ

6.6 ขยะรีไซเคิล (Recycle Waste) หมายถึง การนำขยะมูลฝอยมาเป็ นวัตถุดิบในการ ผลิตแทนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติใหม่ หรือเป็ นขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือย่อยสลายได้ ได้แก่ กระดาษขาว กระดาษหนังสือพิมพ์ ขวดพลาสติกต่าง ๆ โลหะ เป็นต้น

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะประกอบไปด้วยสองส่วนหลัก ส่วนแรกเป็นข้อมูลเกี่ยวกับขยะอุตสาหกรรม และการจัดการในปัจจุบัน ส่วนที่สองเป็นทฤษฎีสำหรับการเผาไหม้ การเผาทำลายขยะและข้อมูลระบบเตาเผาชนิดควบคุมอากาศ โดยจะกล่าวถึง ข้อมูลเกี่ยวข้องกับขยะอุตสาหกรรม และการจัดการในปัจจุบัน โดยเริ่มต้นจากการให้นิยามขยะอุตสาหกรรม แหล่งกำเนิดของขยะอุตสาหกรรม จากโรงงาน ประเภทและลักษณะของขยะอุตสาหกรรมจากโรงงาน วิธีการจัดการขยะอุตสาหกรรม ปริมาณของขยะอุตสาหกรรมในประเทศไทย กากอุตสาหกรรมและของเสียอันตรายเกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีมากมายหลายชนิดและมีสถานะต่าง ๆ ทุกสถานะ กากอุตสาหกรรมบางอย่างเป็นพิษ บางอย่างอาจไม่เป็นพิษหรือที่เป็นพิษ หากมีการจัดเก็บให้ดี และนำมาปรับสภาพแล้ว อาจจะทำให้พิษต่าง ๆ หดไปก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแต่ละชนิด ทั้งนี้เพื่อให้ทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขยะอุตสาหกรรม ที่จะเป็นพื้นฐานในการวิจัย การออกแบบเตาเผา และการทดสอบประสิทธิภาพต่อไป

1. นิยามและความหมายขยะอุตสาหกรรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545 ให้นิยามขยะอุตสาหกรรมหรือกากอุตสาหกรรมว่า หมายถึง ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดจากกระบวนการผลิต การเก็บวัตถุดิบจนเสื่อมคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพหรือเสื่อมคุณภาพ ภาชนะบรรจุที่มีของปนเปื้อน และของเหลือใช้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.1 กากของเสียอันตราย หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลว หรือ ก๊าซ ที่มีลักษณะเป็นอันตราย กล่าวคือติดไฟง่าย กัดกร่อน ทำปฏิกิริยาแล้วเกิดอันตรายง่าย และ สารพิษต่าง ๆ รวมทั้งของเสียที่ทำการบำบัดแล้วมีสารพิษปนอยู่เกินปริมาณที่กำหนด

1.2 กากของเสียไม่อันตราย หมายถึง ของเสียที่เป็นของแข็ง ซึ่งไม่มีคุณสมบัติเป็นของเสียอันตราย

นักวิจัยระดับปฏิบัติการรุ่นที่ 2 2543 : 16 ของเสียอันตราย (Hazardous waste) หมายความว่า ของเสียที่มีองค์ประกอบของวัตถุอันตราย ได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุ

ออกซิไดซ์ และวัตถุเปอร็อกไซด์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี วัตถุที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์หรือ สิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สิน หรือ สิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2543 : 16 ได้ให้ความหมายของมูลฝอยจากอุตสาหกรรม (Industrial waste) หมายถึง มูลฝอยที่เกิดจากกระบวนการผลิตขึ้นอยู่กับประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- 1) ของเสียที่ไม่เป็นอันตราย (Non-hazardous waste) ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป
- 2) ของเสียอันตราย (Hazardous waste) ได้แก่ ของเสียที่ติดไฟ หรือระเบิด ของเสียที่เป็นพิษ ของเสียที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ของเสียที่พ่ายฤทธิ์ง่าย ของเสียกัมมันตรังสี เป็นต้น

นิสสาร โฆษิตรัตน์ : 1-3 กากอุตสาหกรรม (Industrial waste) คือสารใด ๆ (Any substance) หรือวัตถุใด ๆ (Any object) ซึ่งถูกใช้ (Used) และถูกทิ้ง (Discarded) หรือถูกกำจัด (Disposed) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งรวมทั้งกากอุตสาหกรรมที่เป็นของเสียอันตราย (Hazardous waste) ของเสียที่ไม่เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ (Non-hazardous waste) กากอุตสาหกรรมที่จัดอยู่ในประเภทของเสียอันตราย (Hazardous waste) องค์การสหประชาชาติได้กำหนดความหมายไว้ในหนังสือ Guidelines on Monitoring Methodologies for Water, Air and Toxic Chemical/Hazardous Waste ไว้ว่า อันตราย (Hazardous) หมายถึง อันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์ ดังนั้นของเสียอันตรายจึงหมายถึง ของเสียทุกประเภท (ของแข็ง กึ่งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ) ที่ออกมาจากขบวนการผลิตจากอุตสาหกรรมแล้วเข้าสู่สิ่งแวดล้อม บรรยากาศ น้ำ และดิน

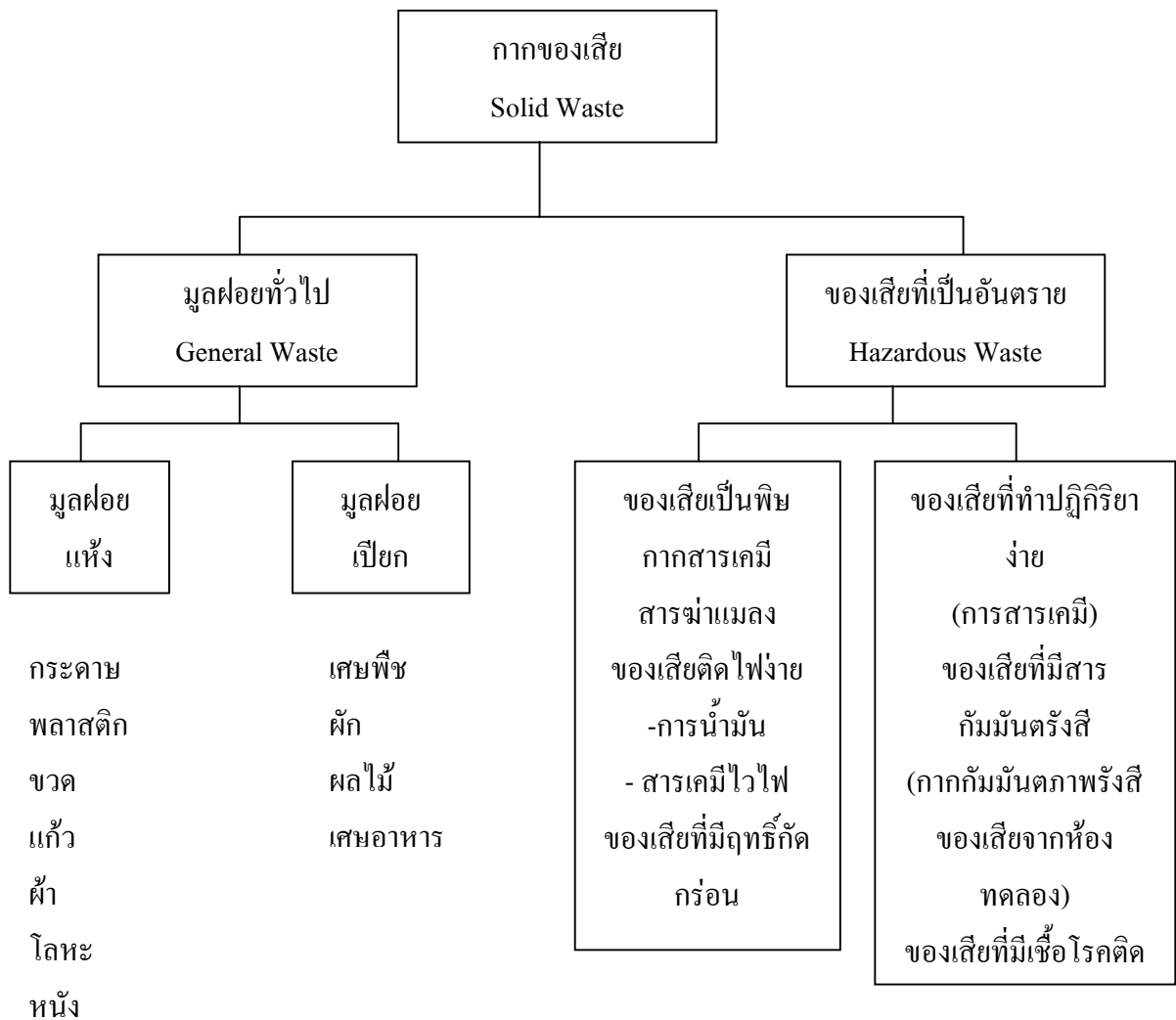
บุญจง ขาวสุทธีวงศ์ 2535 ได้กำหนดความหมาย “ของเสียอันตราย” ให้หมายถึง ของเสียที่เกิดจากการผลิต การใช้สารเคมีหรือสารอันตรายอื่นใด ในอุตสาหกรรมเกษตร สาธารณสุข หรือกิจกรรมอื่นใดที่ระบุไว้ในกฎหมาย ของเสียอันตรายจะถูกกำหนดโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการวัตถุอันตราย ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคือ

- 1) ของเสียอันตรายที่อาจทำให้เกิดการสูญเสียชีวิต หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างร้ายแรง หากไม่ได้รับการเก็บรักษา ขนส่ง บำบัด หรือกำจัดที่เหมาะสม
- 2) คุณสมบัติของเสียอันตรายสามารถตรวจสอบได้ โดยวิธีมาตรฐานที่หน่วยงานราชการกำหนด

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า “ของเสียอันตราย” ก็คือ สารชนิดหนึ่ง (A substance) หรือของผสม (A mixture) ระหว่างสารหลายชนิด (Substances) ซึ่งไม่มีคุณค่าที่จะใช้ทางเศรษฐกิจได้อีกต่อไปแล้ว และถ้าถูกทิ้ง (disposed) ออกสู่พื้นดิน น้ำ และอากาศ โดยปราศจากการบำบัด (Untreated)

ที่มีศักยภาพ (Potentially) ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ พืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ลักษณะอันตรายที่เกิดขึ้นอาจทำให้เกิดพิษ (Toxic) เกิดปฏิกิริยาเคมี (Reaction) กัดกร่อน (Corrosive) ติดไฟ (Flammable) เกิดกัมมันตรังสี (Radioactive) ติดเชื้อ (Infection) สะสมทางชีวภาพ (Bioaccumulative) ก่อมะเร็ง (Carcinogenic) เกิดกลายพันธุ์ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต (Mutagenic) เป็นต้น

อติศักดิ์ ทองไข่มุก 2535 : ได้จัดแบ่งประเภทของเสียไว้ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การจัดแบ่งประเภทของเสีย

ที่มา : อติศักดิ์ ทองไข่มุกข์ *การติดตามตรวจสอบสารพิษในขยะพิษจากโรงงาน*

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรุงเทพมหานคร 2535

2. ชนิดและปริมาณของกากอุตสาหกรรมในประเทศไทย

ผลจากการพัฒนาประเทศที่ผ่านมา มุ่งเน้นการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม ทำให้เกิดโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตประกอบกิจการจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมทั่วประเทศ มีประมาณ 120,000 โรงงาน ประมาณร้อยละ 90 เป็นโรงงานขนาดกลาง ซึ่งในจำนวนที่กว่าครึ่งเป็น โรงสีข้าวขนาดเล็ก ที่เหลือเป็น โรงงานประเภทการผลิต (Manufacturing) ซึ่งอาจจะมีของเสีย เช่น น้ำเสีย อากาศเสีย และกากอุตสาหกรรม

การเพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมนอกจากจะทำให้เกิดผลิตผลด้านอุตสาหกรรมตามคาดหวังแล้วยังส่งผลกระทบต่อออกมาในรูปของกากอุตสาหกรรมที่เป็นของเสียที่ไม่เป็นอันตราย (Non-hazardous waste) และของเสียอันตราย (Hazardous waste) อันได้แก่ บรรจุภัณฑ์ของสารปราบศัตรูพืช ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ตะกอนที่เกิดจากการกลั่นน้ำยาเคมีต่าง ๆ ขยะที่มีใยแอสเบสตอสปนเปื้อน กากตะกอนที่มีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบตามข้อกำหนดตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ได้จัดกลุ่มของ กากของเสียอันตรายไว้เป็น

2.1 กากของเสียที่มีคุณสมบัติในการลุกติดไฟได้ แบ่งเป็น

2.1.1 เป็นของเหลว ที่มีจุดติดไฟต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส แต่ไม่รวมถึงสารละลายในน้ำที่มีปริมาณของแอลกอฮอล์ผสมอยู่น้อยกว่าร้อยละ 24 โดยปริมาตร

2.1.2 ไม่ใช่ของเหลว แต่สามารถลุกติดไฟได้ภายใต้อุณหภูมิ และความดันมาตรฐานเมื่อมีการเสียดสี เมื่อมีการดูดความชื้น หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในสารนั้น และเมื่อเกิดลุกติดไฟจะเกิดขึ้นอย่างรุนแรงและต่อเนื่องจนเกิดอันตรายได้

2.1.3 เป็นก๊าซอัด ที่จุดระเบิดได้หรือเป็นสารออกซิไดเซอร์ ที่ให้ออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว ที่จะไปกระตุ้นการเผาไหม้ของสารอินทรีย์อื่นได้

2.2 กากของเสียที่มีคุณสมบัติในการกัดกร่อน ได้แก่ ของเหลวที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ มี pH เท่ากับหรือต่ำกว่า 2 และค่า pH เท่ากับหรือสูงกว่า 12.5 หรือโดยทำปฏิกิริยาเคมีกับเนื้อเยื่อทำให้เกิดอันตรายได้ หรือกัดกร่อนวัสดุที่ใช้บรรจุหรือเป็นของเหลวที่สามารถกัดกร่อนเหล็กกล้า (SAE 1020) ในอัตราสูงกว่า 6.32 มิลลิเมตรต่อปี ที่อุณหภูมิ 5.5 องศาเซลเซียส

2.3 กากของเสียที่มีคุณสมบัติในการไวต่อปฏิกิริยา ได้แก่ สารที่มีสภาพไม่คงตัวสามารถทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรง โดยไม่มีการระเบิด หรือสารที่ทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับน้ำ หรือสารซึ่งรวมกับน้ำจะได้ออกผลผลิตที่ระเบิดได้ เมื่อผสมน้ำทำให้เกิดก๊าซหรือไอในปริมาณที่เป็นพิษต่อมนุษย์

หรือสิ่งแวดล้อม หรือเป็นสารไฮยาไนด์หรือซัลไฟด์ ที่มีค่า pH ระหว่าง 1-12.5 จะทำให้เกิดก๊าซพิษ หรือระเบิดเมื่อถูกทำให้ร้อนขึ้นในที่จำกัดหรืออุณหภูมิและความดันปกติ

2.4 กากของเสียที่มีคุณสมบัติความเป็นพิษ ของเสียอันตรายที่เมื่อสกัดโดยวิธีที่ ราชากรกำหนดหรือวิธี SW846/1310 (Solid waste) พบว่าสิ่งสกัดมีความเข้มข้นสูงกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.1 ยกเว้นของเสียที่มี ร้อยละของของแข็งอยู่น้อยกว่า 0.5 หลังจากทำปฏิกิริยาแล้ว สามารถถือว่าของเหลวที่ได้เป็นสิ่งสกัดได้เลย

2.5 กากของเสียที่มีคุณสมบัติของของเสียติดเชื้อ ของเสียอันตรายในข้อนี้จะต้อง สามารถทำให้ผู้รับติดเชื้อได้ หรือเป็นของเสียจากสถานพยาบาล

2.6 กากของเสียที่มีคุณสมบัติของเสียกัมมันตภาพรังสี คือสารกัมมันตภาพรังสีที่เกิดจากการผลิตหรือ ใช้งานด้านนิวเคลียร์

ปริมาณและประเภทของสารเคมีที่จัดเป็นกากของเสียอันตราย ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงประเภทและปริมาณของสารเคมีที่จัดเป็นกากของเสียอันตราย

¹ รหัสของเสีย อันตราย	ชนิดสารเคมี	² CAS NO.	ความเข้มข้นสูงสุด (มก./ลิตร)
D004	Arsenic	7440-38-2	5.0
D005	Barium	7440-39-3	100.0
D018	Benzene	71-43-2	0.5
D006	Cadmium	7440-43-9	1.0
D019	Carbon tetrachloride	56-23-5	0.5
D020	Chlordane	57-74-9	0.03
D021	Chlorobenzene	108-90-7	100.0
D022	Chloroform	67-66-3	6.0
D007	Chromium	7440-47-3	5.0
D023	o-Cresol	95-48-7	⁴ 200.0
D024	m-Cresol	108-39-4	⁴ 200.00
D025	p-Cresol	106-44-5	⁴ 200.0
D026	Cresol	⁴ 200.00
D016	2,4-D	94-75-7	10.0
D027	1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	7.5
D028	1,2-Dichloroethane	107-06-2	0.5
D029	1,1-Dichloroethylene	75-35-4	0.7
D030	2,4-Dinitrotoluene	121-14-2	³ 0.13
D012	Endrin	72-20-8	0.02
D031	Heptachlor (and its epoxide)	76-44-8	0.008
D032	Hexachlorobenzene	118-74-1	³ 0.13
D033	Haxachlorobatadiene	87-68-3	0.5
D034	Haxacholrobatadiene	67-72-1	3.0
D008	Lead	7439-92-1	5.0
D013	Lindane	58-89-9	0.4
D009	Mercury	7439-97-6	0.2

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

¹ รหัสของเสียอันตราย	ชนิดสารเคมี	² CAS NO.	ความเข้มข้นสูงสุด (มก./ลิตร)
D014	Methoxychlor	72-43-5	10.0
D035	Methylethyl ketone	78-93-3	200.0
D036	Nitrobenzene	98-95-3	2.0
D037	Pentachlorophenol	87-86-4	100.0
D038	Pyridine	110-89-1	³ 5.0
D010	Selenium	7782-49-2	1.0
D011	Silver	7440-22-4	5.0
D039	Tetrachloroethylene	127-18-4	0.7
D015	Toxaphene	8001-35-2	0.5
D040	Trichloroethylene	79-01-6	0.5
D041	2,4,5-Trichlorophenol	95-95-4	400.0
D042	2,4,6-Trichlorophenol	88-06-2	2.0
D017	2,4,5-TP (Silvex)	93-72-1	1.0
D043	Vinyl chloride	75-01-4	0.2

¹ Hazardous waste number.

² Chemical abstracts service number

³ Quantitation limit is greater than the calculated regulatory level. The quantitation limit Therefore becomes the regulatory level.

⁴ If o-,m-,and p-Cresol concentrations cannot be differentiated, the total cresol (DO26) concentration is used. The regulatory level of total cresol is 200 mg/l.

ที่มา : R.L. Andrews, F.M. lynn, "Siting of Hazardous Waste Facilities," in *Standard Hand book of Hazardous Waste Treatment and disposal*, H.M. Forcemon, ed, Mc Graw-Hill Book , 1988.

กากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ในประเทศไทยส่วนมากเกิดจากอุตสาหกรรมเคมี สารปราบศัตรูพืช อุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ สิ่งทอ กระดาษและเยื่อกระดาษ เป็นต้น จากการสำรวจชนิดและปริมาณกากของเสียอันตราย ในปี 2545 พบว่ามีโรงงานอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดของเสียอันตรายประมาณ 8,000 โรงงาน ซึ่งเป็นของเสียชนิด กรด ต่างของเสียที่มีโลหะเจือปนกากน้ำมัน ของเสียประเภทสารอินทรีย์ที่มีอันตราย เช่น ยาฆ่าแมลง เป็นต้น ปรากฏว่าเป็นของเสียอุตสาหกรรมประเภทของเสียอันตรายเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานคร ปริมณฑลและจังหวัดใกล้เคียง กว่าร้อยละ 66 ดังตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3 สำหรับกากของเสียไม่อันตราย โรงงานอุตสาหกรรมทุกโรงงาน ต่างมีของเสียไม่อันตราย มากบ้างน้อยบ้างซึ่งได้แก่ เศษพลาสติก เศษเหล็ก เศษซากพืช ซากสัตว์ เศษไม้ จี๊เจ้า ฝุ่นจากระบบดักฝุ่นตะกอน น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน เป็นต้น ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่ กระจายอยู่ในพื้นที่กรุงเทพฯ ปริมณฑล และพื้นที่ชายฝั่งตะวันออก รวมทั้งในเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม หรือเขตประกอบการอุตสาหกรรม และจากแหล่งอื่น เช่น โรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงจะมีจี๊เจ้ามาก โรงงานหลอมเหล็กที่นำเศษเหล็กเก่ามาหลอมใหม่ จะมีฝุ่นและตะกรันจากเตาหลอมมาก กากของเสียบางประเภทนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น กระดาษ เศษพลาสติก เศษเหล็ก เศษไม้คาดว่า มีประมาณวันละ 8,000 ตันหรือประมาณปีละ 3 ล้านตัน

สมรัฐ เกิดสุวรรณ 2544 : 6 แสดงส่วนประกอบของขยะกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2531 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 จะสังเกตเห็นว่าเป็นขยะที่มีความชื้นสูงถึง 60% และมีวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิง เพียงร้อยละ 28

ตารางที่ 2.2 แหล่งกำเนิดกากของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมจำแนกตามแหล่งกำเนิด

แหล่งกำเนิด	ปริมาณของเสียอันตราย ตัน/ปี	ร้อยละ
กรุงเทพมหานคร	448,701.93	36.1
ภาคกลาง	470,999.38	37.8
ภาคตะวันออก	227,226.12	18.3
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	38,426.22	3.1
ภาคเหนือ	12,625.89	1.0
ภาคใต้	46,627.68	3.7
รวม	1,244,607.22	100

ที่มา: อุตสาหกรรม, กรมโรงงาน *แนวทางการกำจัดกากอุตสาหกรรม* กรุงเทพมหานคร
กรมโรงงาน 2545

หมายเหตุ อัตราการเพิ่มของกากอุตสาหกรรมปกติประมาณร้อยละ 10 ต่อปี แต่ในตั้งแต่ปี พ.ศ.
2540 ที่ผ่านมา กำลังการผลิตรวมของภาคอุตสาหกรรมลดลงเหลือประมาณร้อยละ 60
จึงคาดว่าปริมาณกากอุตสาหกรรมจะไม่เพิ่มขึ้นและยังคงมีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 2.3 ชนิดกากของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครและ
จังหวัดใกล้เคียงในปี พ.ศ. 2545

ชนิด	ปริมาณ ตัน/ปี	ร้อยละ
ตะกอนโลหะหนักและของแข็งอนินทรีย์	840,569.89	67.5
กรดค้างที่มีโลหะหนักปะปนและ ของเหลวอนินทรีย์	124,597.66	10.0
กากน้ำมัน	186,848.33	15.0
กากและของเสียอนินทรีย์อื่น ๆ	92,591.34	7.5
รวม	1,244,607.22	100

ที่มา: อุตสาหกรรม, กรมโรงงาน *แนวทางการกำจัดกากอุตสาหกรรม* กรุงเทพมหานคร
กรมโรงงาน 2545

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของขยะกรุงเทพมหานคร

ส่วนประกอบ	% โดยน้ำหนัก
1. วัสดุที่เป็นเชื้อเพลิง	
1.1 กระดาษ	13.86
1.2 ขยะจากการประกอบอาหาร	36.52
1.3 เศษผ้า	6.88
1.4 เศษไม้	14.86
1.5 พลาสติก	11.04
1.6 ขางและหนัง	2.89
รวมย่อย	86.05
2. วัสดุที่ไม่ใช่เชื้อเพลิง	
2.1 โลหะที่มีส่วนผสมเหล็ก	1.63
2.2 โลหะที่ไม่มีส่วนผสมเหล็ก	0.19
2.3 แก้ว	2.03
2.4 หินและเซรามิก	4.41
รวมย่อย	8.27
3. อื่น ๆ	
3.1 วัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 มม.	4.24
3.2 วัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มม.	1.44
รวมย่อย	5.68
ลักษณะสมบัติ	%
ความชื้น	59.11
เถ้า	12.62
วัสดุที่เป็นเชื้อเพลิง	28.27

ที่มา : สมรัฐ เกิดสุวรรณ เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย ศูนย์วิจัยการเผาากของเสีย ภาควิชา
วิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ 2544

กระทรวงอุตสาหกรรม 2539 ได้ทำการสำรวจปริมาณกากของเสียอันตรายจากโรงงานในประเทศไทยได้เขียนรายงานในปี พ.ศ. 2532 ไว้ใน “The National Hazardous Waste Management Ploy” ได้ประเมินไว้ว่าในปี พ.ศ. 2535 จะมีกากของเสียอันตรายเกิดในทั่วประเทศจากทุกกิจกรรมประมาณปีละ 1 ล้านตันต่อปี และพยากรณ์ว่าในปี พ.ศ. 2544 จะมีของเสียอันตรายเกิดขึ้นถึงปีละ 2.8 ล้านตัน โดยร้อยละ 55 มาจากอุตสาหกรรมหลอมหรือถลุงโลหะ ร้อยละ 17 จะเกิดจากขบวนการผลิตของโรงงาน นอกนั้นมาจากธุรกิจพาณิชย์ การเดินเรือ โรงพยาบาล ห้องวิเคราะห์ หรือปะปนในขยะชุมชน และกิจกรรมเกษตร (ตารางที่ 2.5) และปริมาณของเสียที่มีปริมาณมากที่สุดคือ กากตะกอนและของแข็งที่มีส่วนประกอบของ โลหะหนัก รองลงมา ได้แก่ น้ำมัน ขยะติดเชื้อ ตัวทำละลาย ของเสียที่เป็นกรดตะกอนและของแข็งอนินทรีย์ (ตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.5 การประเมินปริมาณกากของเสียอันตราย แยกตามกลุ่มแหล่งกำเนิดและปี

แหล่งกำเนิด	ปริมาณของเสียอันตราย (ตัน/ปี)		
	2534	2539	2544
อุตสาหกรรมการผลิต (Manufacturing)	157,058	272,272	433,609
กิจการถ่านหินและลิกไนท์	1,278	1,854	2,477
กิจการปิโตรเลียม	3,914	7,032	11,813
ถลุงโลหะ	521,508	922,893	1,620,190
พาณิชย์/บริการ	78,479	141,681	257,679
เดินเรือ/ท่าเรือ	75,849	141,681	235,644
โรงพยาบาลและห้องวิเคราะห์	76,078	134,228	200,699
ขยะชุมชน	11,787	123,219	31,093
กิจการไฟฟ้า	*	*	*
เกษตรกรรม	6,687	11,835	20,776
รวม	932,638	1,634,104	2,813,980

* = ของเสียที่ปนเปื้อนสาร PCB มีประมาณปีละ 2,468 ตัน และคาดว่าไม่มีการนำเข้าสู่สาร PCB หลังจากปี พ.ศ. 2518

ที่มา : อุตสาหกรรม, กระทรวง “รายงานสรุปผลการดำเนินงานประจำปี 2539”

กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร 2539 (ข้อมูลจากการปรับปรุงค่าของ
Engineering Science/USTDP Study 1989)

ตารางที่ 2.6 ปริมาณของเสียอันตราย แยกตามประเภทและปี

ประเภทของเสีย	ปริมาณของเสียอันตราย (ตัน/ปี)		
	2534	2539	2544
น้ำมัน (Oil)	188,254	32,279	589,508
กากสารอินทรีย์เหลว	311	522	876
ตะกอนและของแข็งสารอินทรีย์	6,674	11,951	21,533
ตะกอนและของแข็งสารอนินทรีย์	19,163	31,850	53,696
ตะกอนและของแข็งโลหะหนัก	536,322	946,565	1,658,192
ตัวทำละลาย (Solvents)	36,163	66,532	124,306
ของเสียเป็นกรด (Acid)	31,432	53,793	96,105
ของเสียเป็นด่าง (Alkaline)	9,839	16,846	29,019
ผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐาน	25	52	107
พีซีบี (PCB)	*	*	*
กากสารอินทรีย์น้ำ (Aqueous)	242	499	1,037
น้ำเสียล้างอครูป	16,348	30,398	57,809
ขยะชุมชน	11,787	19,090	31,093
ขยะติดเชื้อ	76,078	123,219	200,699
รวม	932,638	1,634,104	2,813,980

*= ของเสียที่ปนเปื้อนสาร PCB มีประมาณปีละ 2,468 ตัน และคาดว่าไม่มีการนำเข้าสู่สาร PCB
หลังจากปี พ.ศ. 2518

ที่มา : อุตสาหกรรม, กระทรวง “รายงานสรุปผลการดำเนินงานประจำปี 2539”

กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร 2539 (ข้อมูลจากการปรับปรุงค่าของ
Engineering Science/USTDP Study 1989)

สาโรจน์ ศิริคันสนียกุล : 2540 ได้ให้ข้อมูลปริมาณกากอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น ที่ทิ้งในปี 2533 รวมแล้วจำนวนมากกว่า 300 ล้านตันต่อปี โดยมีกากตะกอนประมาณร้อยละ 36.1 มาเป็นอันดับหนึ่งและปริมาณสิ่งปฏิกูลจากสิ่งมีชีวิต ร้อยละ 20 มาเป็นอันดับสอง ดังแสดงใน ตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ปริมาณกากอุตสาหกรรมในประเทศญี่ปุ่น

ชนิด	ปริมาณ พันตันปี	สัดส่วน (%)
Cinders	2,409	0.8
Sludge	112,812	36.1
Waste oil	3,672	1.2
Waste acid	4,320	1.4
Waste alkali	923	0.3
Waste plashes	2,816	0.9
Waste rubber	78	0.0
Scrap metol	8,877	2.8
Waste glass+ceramics	3,910	1.3
Animal+plant residues	2,207	0.7
Waste paper	1,472	0.5
Wood chips	8,058	2.6
Waste texliles	98	0.0
Sloge	41,049	13.3
Construction wastes	48,948	15.7
Livestock excrela	62,462	20.0
Livestock corpses	96	0.0
Dust	6,224	2.0
Other treated Industrial wastes	1,230	0.4
รวมทั้งหมด	312,271	100.0

ที่มา : สาโรจน์ ศิริคันสนียกุล “การจัดการขยะมูลฝอย” วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี 23

(กุมภาพันธ์-มีนาคม 2540) หน้า 115 - 122

TIRU 1993 แสดงส่วนประกอบของขยะมูลฝอยของกรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส ที่มี
 วิศวนาการไปพร้อมกับวิศวนาการของคนในสังคมนั้นตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 วิศวนาการของส่วนประกอบของขยะในกรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส

ส่วนประกอบ/ปี พ.ศ.	2470	2480	2490	2500	2510	2520	2530
กระดาษ	22	6	12	30	37	39	40
เศษวัสดุจากการประกอบอาหาร	38	40.5	32	24	17.5	16	14
ผักผลไม้							
วัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 8 มม.	18	22	17	13	9	8	7
วัสดุที่มีขนาดระหว่าง 8 ถึง 19 มม.	11	16	20	11	9	7	9
แก้ว	2	3	4	5	8.5	10	8
โลหะ	3	4	3	4	4.5	4	4
เศษผ้า กระดุกสัตว์ และอื่น ๆ	4	3	5	9	11	7	6
เศษวัสดุที่ไม่ใช่เชื้อเพลิง	2	5.5	6	3	2.5	2	1.5
พลาสติก	0	0	0	1	3	7	10.5
รวม (%)	100	100	100	100	100	100	100

ที่มา : TIRU *75 ans de TIRU* Le Societe de deTIRU, France, 1993.

จากตารางที่ 2.8 สามารถคาดคะเนแนวโน้มของส่วนประกอบของขยะมูลฝอยของ
 กรุงปารีสได้ดังนี้ (1) แนวโน้มที่ลดลงของเศษวัสดุที่ไม่ใช่เชื้อเพลิง (ขี้เถ้า) เกิดจากการเลิกใช้เครื่อง
 ทำน้ำร้อน และเครื่องทำความร้อนประจำบ้านแบบใช้เชื้อเพลิงแข็ง เช่น ไม้หรือฟืน มาใช้น้ำมัน
 เชื้อเพลิง ไฟฟ้า หรือ ก๊าซ (2) แนวโน้มที่เพิ่มขึ้นสำหรับกระดาษ เนื่องจากจำนวนวารสาร หนังสือ
 พิมพ์ที่เพิ่มขึ้น และกระดาษที่ใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งผลิตภัณฑ์แบบใช้แล้วทิ้ง (3) พลาสติก
 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ตั้งแต่ปี 2500 ทั้งนี้เพราะบรรจุภัณฑ์เกือบทุกประเภทมี
 ส่วนประกอบของพลาสติก (4) เศษวัสดุจากการประกอบอาหาร ผักผลไม้ มีแนวโน้มที่คงที่ ทั้งนี้
 เพราะประชาชนมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารกระป๋องหรืออาหารสำเร็จรูปมากขึ้น ชดเชยกับ
 การบริโภคผลไม้สด และผักสดตามฤดูกาล

B. GERARD 1990 ได้แสดงส่วนประกอบของขยะมูลฝอยในสหรัฐอเมริกาปี พ.ศ. 2529 ตามตารางที่ 2.9 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตประชาชาติของชาวอเมริกัน มีผลผลิตประชาชาติเป็นสองเท่าของชาวฝรั่งเศส สรุปได้ดังนี้ (1) ขยะขวดแก้วที่เก็บได้ทั้งสองประเทศแตกต่างกันในเรื่องของสี ในอเมริกาจะมีส่วนประกอบของขวดแก้วใส ร้อยละ 65 ขวดแก้วสีน้ำตาล ร้อยละ 25 และขวดแก้วสีเขียวร้อยละ 10 ส่วนในฝรั่งเศส ขยะขวดแก้วที่เก็บได้จะเป็นขวดสีเขียวของขวดไวน์และแชมเปญ (2) โลหะ ในอเมริกาใช้อลูมิเนียม ทำกระป๋องเครื่องดื่ม และบรรจุภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป ในขณะที่ฝรั่งเศสใช้กระป๋องเครื่องดื่มเป็นส่วนใหญ่ (3) พลาสติก มีอัตราการใช้ที่แตกต่างกันของพลาสติก Polyethylene (P.E) สำหรับทำขวดบรรจุนม Polyethylene terephthalate (P.E.T) ทำขวดเครื่องดื่มบรรจุก๊าซ Polyrinyl Chloride (P.V.C) ทำขวดน้ำ

ตารางที่ 2.9 ส่วนประกอบของขยะมูลฝอยในสหรัฐอเมริกา

ส่วนประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
กระดาษและบรรจุภัณฑ์กระดาษ	41.0
ขยะเปียก	17.9
โลหะ	8.7
แก้ว	8.2
ยาง หนังส ไม้	8.1
เศษอาหาร	7.9
พลาสติก	6.5
อื่น ๆ	1.7
รวม	100

ที่มา : B. GERARD *Le marche des ordues* L' Harmattan, France, 1990.

3. การจัดการกากอุตสาหกรรมจากโรงงานอุตสาหกรรม

ได้มีความพยายามในการพัฒนาการจัดการกากอุตสาหกรรมจากโรงงาน ทั้งในกระบวนการผลิต และเทคโนโลยีในการบำบัด ในอดีตเน้นที่การบำบัด (Treatment) และการกำจัด (Disposal) แต่ไม่สามารถลดปริมาณกากอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด อีกทั้งการบำบัดกากอุตสาหกรรมที่เป็นอันตรายมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ทำให้เกิดการหลีกเลี่ยงการบำบัดที่ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดการนำกากอุตสาหกรรมปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมอย่างไร้ความรับผิดชอบมากขึ้น แม้จะมีการออกกฎหมายกฎระเบียบมาควบคุมอย่างเข้มงวดก็ตาม ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการปรับกลยุทธ์ในการจัดการกากอุตสาหกรรมใหม่อย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มตั้งแต่การจัดการที่แหล่งกำเนิดมลพิษ ให้มีการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เกิดของเสียจากกระบวนการผลิตให้น้อยที่สุด ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตได้พยายามมีการนำของเสียเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด ตามหลัก 3 R คือ Material, Recover, Reuse และ Recycling หรือพยายามเปลี่ยนสภาพของเสียให้ไปเป็นพลังงาน (Energy recovery) ให้ได้มากที่สุด เมื่อไม่สามารถนำของเสียเหล่านี้ไปเปลี่ยนสภาพได้ จึงจะทำการบำบัดให้เป็น ของเสียที่ไม่เป็นอันตราย ให้มากที่สุด แล้วจึงเข้าไปสู่ขบวนการกำจัดต่อไป ทั้งกากอุตสาหกรรมที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตราย ซึ่งจะต้องดำเนินการกำจัดอย่างถูกวิธี โดยเฉพาะกากอุตสาหกรรมที่เป็นอันตราย จะต้องดำเนินการอย่างเข้มงวดและ ถูกต้องตามเทคนิคที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อ

การจัดการกากอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนคือ

1. การลดปริมาณของเสียที่แหล่งกำเนิด (Source reduction)
2. การนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ตามหลัก 3 R
3. การเปลี่ยนรูปของเสียให้ไปเป็นพลังงาน (Energy recovery)
4. การบำบัดของเสีย (Waste treatment)
5. การกำจัดของเสียขั้นสุดท้าย (Waste disposal)

3.1 การลดปริมาณของเสียที่แหล่งกำเนิด การลดปริมาณของเสีย (Minimization)

หรือเทคนิคในการผลิตที่สะอาด (Clean technology) หรือการป้องกันมลพิษ (Prevention) หรือเทคนิคการผลิตที่มีของเสียน้อยหรือไม่มีของเสียเกิดขึ้นเลย (Low and nonwaste) นับว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงชนิดวัตถุดิบให้เป็นชนิดที่ก่อให้เกิดของเสียน้อยลง หรือการใช้วัตถุดิบที่มีการปนเปื้อนต่ำ ใช้วัตถุดิบ ที่ได้มาตรฐาน การเปลี่ยนแปลงขบวนการหรือขั้นตอนการผลิต การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี หรือเครื่องจักรที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

ตัวอย่างเช่น โรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก การลดปริมาณการผลิตเหล็กที่ไม่มีคุณภาพ โดยการคัด เลือกเศษเหล็กที่มีปริมาณเหล็กสูง ไม่มีสิ่งเจือปน การตัดขนาดเหล็กที่จะเข้าเตาหลอมที่มีขนาดพอดี กับการหลอม เพราะหากเศษเหล็กมีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้บางส่วนได้รับความร้อนไม่เพียงพอ ที่จะหลอมละลาย แต่ถ้าเล็กเกินไปจะต้องเปิดเตาเพื่อเติมเศษเหล็กบ่อย ๆ ทำให้เกิดการสูญเสียพลัง งาน เป็นต้น ในการเปลี่ยนแปลงขบวนการผลิต เช่น โรงงานผลิตโซดาไฟ มีการใช้เซลล์ไฟฟ้าที่มี ขั้วปรอทในขบวนการผลิต ทำให้มีน้ำเสียที่ปะปนด้วยปรอท หลังจากทำการบำบัดน้ำเสียเหล่านี้ก็ จะเกิดเป็นกากตะกอนที่มีปรอทปนเปื้อนอยู่ซึ่งจัดเป็นขยะอันตราย ต้องทำให้เป็นก้อนและฝังกลบ อย่างถูกวิธี และต้องดูแลอย่างต่อเนื่องอีกเป็นเวลายาวนาน ในปัจจุบันขบวนการผลิตโซดาไฟ เปลี่ยนจากเซลล์เดิมเป็นเซลล์ชนิดใช้เยื่อ (membrane cell) ซึ่งไม่ใช่ขั้วปรอทในเซลล์ชนิดนี้ จึงสามารถลดของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นได้ เป็นต้น

3.2 การนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ ตามหลัก 3R (Material, Recovery, Reuse, and Recycling)

การนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์นอกจากจะช่วยลดปริมาณกากอุตสาหกรรม แล้วยังสามารถ ช่วยลดต้นทุนการผลิตให้กับโรงงานอุตสาหกรรมด้วย โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการ กำจัดของเสีย อีกทั้งเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากวัสดุอย่างมีคุณค่า การนำของเสียกลับมาใช้ ประโยชน์นั้น สามารถใช้ได้ทั้งของเสียที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตราย โดยโรงงานที่เป็นเจ้าของ ของเสีย หรือโรงงานอื่นนำไปใช้ต่อตัวอย่างการนำวัตถุดิบที่ไม่ได้มาตรฐานมาใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตเชื้อกระดาษซึ่งใช้ชานอ้อย เป็นวัตถุดิบ จะมีส่วนที่เป็นขุยชานอ้อย (Pitch) อยู่ประมาณ 30-35 % ซึ่งไม่สามารถใช้ผลิตเชื้อกระดาษได้ แต่สามารถ นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้ม ไอน้ำ (Boiler) เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานหรือชำรุด เช่น ในอุตสาหกรรมการ ผลิตถ่านไฟฉาย จะมีการนำก้อนดินดำที่อัดเป็นแท่งแล้วแต่เกิดการชำรุดเสียหายเนื่องจากการแตก หัก สามารถนำมาอัดเป็นแท่งใหม่ แล้วใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอีกครั้ง หรือการนำก้อนถ่านไฟ ฉายที่ชำรุดไม่ได้มาตรฐานมาทุบทำลาย แล้วตัดแยกเอากระบอกสังกะสีกลับมาใช้ผลิตเป็นถ่านไฟ ฉายก้อนใหม่ได้ หรือในอุตสาหกรรมผลิตขวดแก้วและผลิตภัณฑ์แก้วนั้น มีการนำขวดแก้วที่ไม่ได้ ขนาดตามต้องการมาทุบให้แตกละเอียดแล้ว นำไปผลิตใหม่ในโรงงาน หรือนำไปใช้ประโยชน์ใน โรงงานอื่น ๆ เช่น ใช้ผลิตเป็นกระจกแผ่น ผลิตเป็นไส้กระดิกน้ำ ผลิตเป็นแผ่นใยแก้ว เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ของเสียจากขบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตยางพาราจะมี การปรับแต่ง ยางแท่ง ยางแผ่น เพื่อให้ได้ขนาดตามต้องการ เศษยางจากการปรับแต่งสามารถนำ

ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น เช่น การนำเศษยางมาผสมกับผ้าผลิตเป็นผ้าใบในโรงงานผลิตผ้าใบ หรือนำเศษยางไปผลิตเป็นรองเท้ายางหรือกาวยาง เป็นต้น

การนำผลพลอยได้จากการผลิต (By product) มาใช้ประโยชน์ เช่น โรงงานสีข้าว มีผลพลอยได้ ได้แก่ ปลายข้าว และรำข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ และโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าว แกลบไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไอน้ำ หลังจากนั้นนำแกลบไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้วจึงเถ้าแกลบ สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเพาะพันธุ์พืชทางด้านเกษตรกรรม หรือนำไปทำอิฐบล็อก เป็นต้น

การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ เช่น โรงงานชุบโลหะ นำทิ้งจากขบวนการชุบ จะมีเกลือของโลหะปะปนอยู่ เกลือเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยทำการแยกด้วยกระแสไฟฟ้า

3.3 การเปลี่ยนรูปของเสียเป็นพลังงาน (Energy recovery) การนำของเสียมาใช้ในการแปรรูปเป็นพลังงานได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากพลังงานในปัจจุบันเริ่มมีจำกัดและราคาแพงมากขึ้น การนำของเสียใช้เป็นพลังงานจะช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติด้านพลังงานลดลง และลดค่าใช้จ่ายได้มาก เช่น การผลิตเชื้อเพลิงจากขยะโดยการนำขยะส่วนที่เผาไหม้ได้มาอัด เพื่อทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงใช้แทนฟืนการผลิตก๊าซจากการหมักขยะ (Anaerobic digestion) หรือการฝังกลบ (Landfill) เพื่อเป็นเชื้อเพลิง การนำขยะมาเผาในหม้อต้มน้ำเพื่อผลิตไอน้ำ แล้วนำไอน้ำไปผลิตไฟฟ้า เช่น กรณีโรงงานกำจัดขยะของประเทศสิงคโปร์ สามารถเผาขยะได้วันละ 1,200-1,600 ตัน ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 16,000 กิโลวัตต์

3.4 การบำบัดและกำจัดของเสีย (Waste treatment and Disposal) การบำบัดของเสีย คือ การทำให้ของเสียอยู่ในสภาพที่ไม่ก่ออันตราย หรือก่ออันตรายน้อยที่สุด เพื่อนำไปกำจัดขั้นสุดท้าย (Final disposal) กากอุตสาหกรรมในส่วนที่เป็นของเสียไม่อันตราย อาจทิ้งร่วมกับขยะชุมชนซึ่งจะทำการบำบัดโดยเทศบาล หรือหน่วยงานในท้องถิ่น หรือโรงงานรับผิดชอบบำบัดเอง ในกรณีนิคมอุตสาหกรรม ทางนิคมอุตสาหกรรมมีการดำเนินการเก็บรวบรวมและกำจัดในแต่ละพื้นที่ของนิคมแต่ละแห่ง วิธีการบำบัดกากอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายอาจนำไปทำปุ๋ยหมัก (Composting) การเผา (Incineration) และการฝังกลบแบบถูกสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) การเลือกวิธีใดขึ้นกับชนิดของกากอุตสาหกรรม ปริมาณและงบประมาณในการดำเนินการ รวมถึงพื้นฐานความรู้ของผู้รับผิดชอบด้วย

กากของเสียที่เป็นอันตรายจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่ระบุไว้ในประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2535) จะต้องจัดการลดความเป็นอันตรายลงด้วยวิธีทางกายภาพเคมี หรือ ชีวภาพ ตามคุณสมบัติของของเสีย นั้น ๆ จนมีความเป็นอันตราย และ/หรือ ปริมาณลดลง แล้วนำส่วนที่เหลืออยู่ไปกำจัดขั้นสุดท้ายต่อไป เพื่อที่น้ำหรือของเสียที่เกิดจากการ

บำบัดจะไม่เป็นอันตราย หรือมีความเป็นอันตรายต่ำจนไม่เป็นอันตราย และสามารถปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมสาธารณะได้ ของเสียหลังการบำบัดอีกส่วนหนึ่งคือ กากตะกอนหรือตัวดูดซับที่ปนเปื้อนด้วยสารอันตรายก็จะต้องนำมาทำการบำบัดต่อ เช่นเดียวกับของแข็งอันตรายด้วยการทำให้คงตัว (Immobilization) วิธีการบำบัดของเสียอันตรายต้องมีมาตรการควบคุมอย่างรัดกุมตั้งแต่ชนิด ปริมาณที่แหล่งกำเนิด การขนส่ง การเก็บรวบรวม การบำบัด และการกำจัดในขั้นสุดท้าย วิธีการบำบัดของเสียอันตราย ได้แก่

3.4.1 วิธีการบำบัดของเสียอันตรายทางกายภาพ การบำบัดของเสียอันตรายด้วยวิธีทางกายภาพ สามารถทำได้หลายวิธีที่สำคัญได้แก่

- การแยกของแข็งจากของเหลว (Solid/Liquid separation) เช่น การแยกด้วยตะแกรงกรอง การตกตะกอน การทำให้ลอย การกรองและ การแยกด้วยแรงเหวี่ยง
- กระบวนการเยื่อ (Membrane process) เช่น กระบวนการ Reverse osmosis เพื่อแยกสารเคมีจากน้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะกลับมาใช้
- การระเหย (Evaporation) เพื่อลดปริมาตรและเพิ่มความเข้มข้นของของเสียที่ทำการกำจัด
- การกลั่น (Distillation) นิยมใช้เพื่อแยกตัวทำละลายอินทรีย์ หรือสารอินทรีย์ที่มีจุดเดือดต่ำออกจากของเสีย
- การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) ใช้ในการแยกสารอินทรีย์อันตราย ออกจากของเสีย เช่น แยกฟีนอลออกจากของเสียในโรงงานปิโตรเคมี
- การดูดซึม (Absorption) เป็นการใช้ตัวดูดซึมที่เหมาะสมในการแยกสารอันตรายออกจาก ของเสีย ตัวกลางที่นิยม ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ จากของเสีย

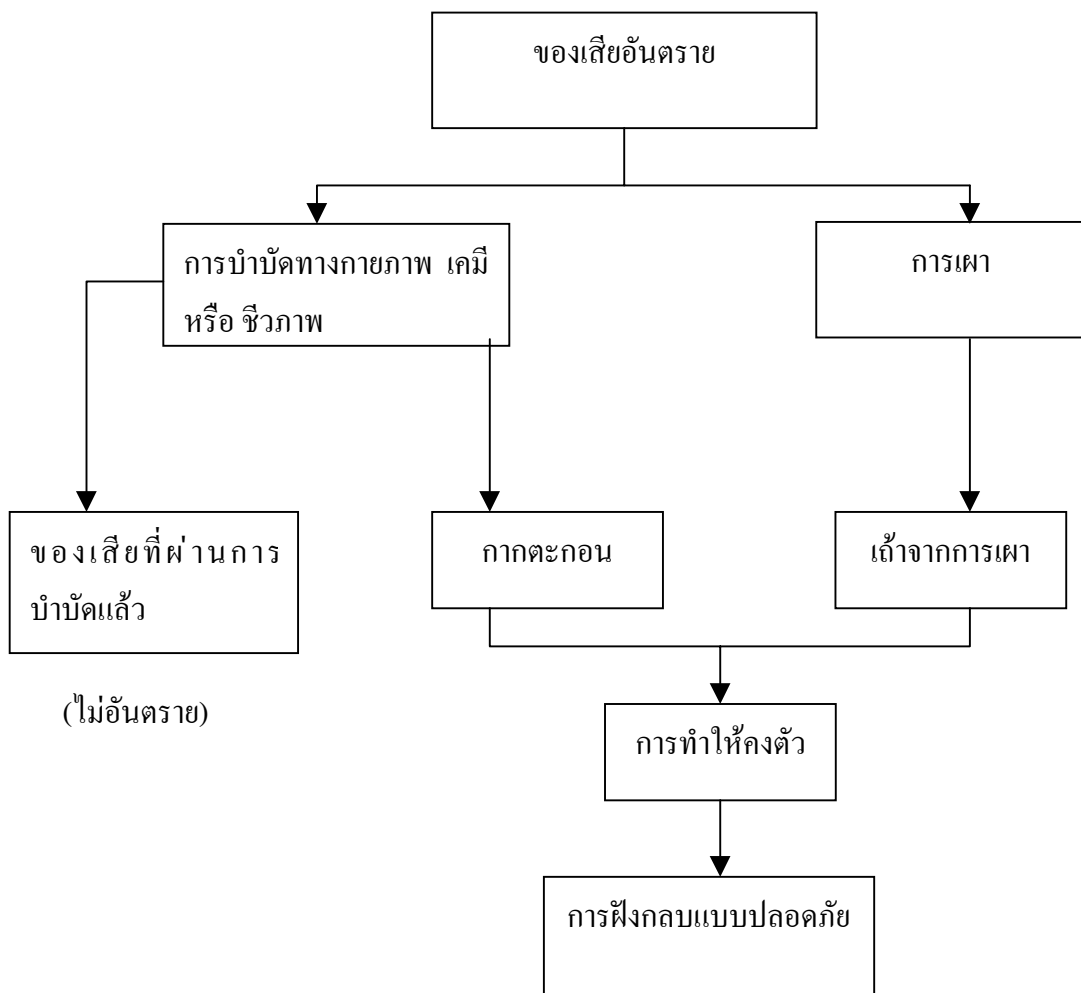
3.4.2 วิธีการบำบัดของเสียอันตรายทางเคมี สามารถทำได้หลายวิธี เช่น

- การทำให้เป็นกลาง (Neutralization)
- การตกตะกอน (Precipitation)
- การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange)
- กระบวนการออกซิเดชัน/รีดักชัน (Oxidation/Reduction)
- การทำให้คงตัว (Immobilization)
- การกำจัดคลอรีน (Dechlorination)

3.4.3 วิธีการบำบัดของเสียอันตรายทางชีวภาพ ใช้สำหรับของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ การบำบัดทางชีวภาพ มีทั้งกระบวนการย่อยสลายแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน เช่นเดียวกับการบำบัดน้ำเสีย แต่การใช้วิธีการบำบัดของเสียทางชีวภาพในการบำบัดของเสียอันตรายไม่ค่อยมี เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่เจริญหรือดำรงชีพในของเสียอันตรายได้ นอกจากจะใช้จุลินทรีย์ชนิดพิเศษที่เหมาะสมกับของเสียบางชนิดเท่านั้น

วิธีการบำบัดของเสียอันตรายที่กล่าวมานี้สามารถสรุปได้ดังแผนภูมิตามภาพ

ที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แผนภูมิแสดงการบำบัดและกำจัดของเสียอันตรายด้วยวิธีต่าง ๆ

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ฝ่ายบริการกำจัดกากสารพิษ

“การกำจัดกากของเสียอันตรายจากโรงงานอุตสาหกรรม 2539”

กรุงเทพมหานคร 2539

3.5 การกำจัดของเสียขั้นสุดท้าย (Waste disposal) กระบวนการที่ใช้ในการกำจัดขั้นสุดท้ายของแข็งที่ไม่เป็นอันตรายและของแข็งที่เป็นของเสียอันตราย ได้แก่ การหมักทำปุ๋ย (composting) การเผา (incineration) การทำให้คงตัว (immobilization) และการฝังกลบ (Landfill)

3.5.1 การหมักทำปุ๋ย (Composting) เป็นกระบวนการที่จัดการของเสียที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์สูง และมีความชื้นพอเหมาะ ขบวนการนี้จะไม่ใช่กับของเสียอันตราย ถึงแม้จะเป็นของเสียที่ย่อยสลายได้ นอกจากได้ผ่านขบวนการบำบัดให้หมดพิษเสียก่อน การหมักทำปุ๋ยอาศัยขบวนการย่อยสลายอินทรีย์โดยขบวนการทางชีวของจุลินทรีย์ ในการเปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ที่ไม่คงตัวให้เป็นสารค่อนข้างคงตัว และมีคุณค่าในการใช้ปรับปรุงคุณภาพของดิน เรียกว่า ปุ๋ย หรือวัสดุปรับปรุงดิน (Compost หรือ Humus-like material) การหมักสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic decomposition) กับการหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic Decomposition) รายละเอียดในภาพที่ 2.3

3.5.2 การเผาทำลาย (Incineration) ในปัจจุบันมีการเผาโดยออกแบบเตาเผา (Incinerator) ให้สามารถควบคุมสถานะต่าง ๆ ในการเผาไหม้ เพื่อให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพรวมทั้งเกิดมลสารจากการเผาไหม้น้อยที่สุด และสามารถควบคุมมลพิษต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ได้ แต่เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ หากเป็นของเสียอันตราย ควรนำไปทำให้คงตัว แล้วทำการฝังกลบต่อไป การเผานอกจากจะช่วยลดปริมาณของเสียได้อย่างรวดเร็วแล้ว ยังไม่สิ้นเปลืองเนื้อที่ และสามารถนำพลังงานที่ได้จากการเผากลับไปใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย แต่การเผาในเตาเผาที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงมาก อีกทั้งยังต้องการ ผู้ควบคุมที่มีความรู้ ความชำนาญ เพราะถ้าเตาเผาไม่ได้มาตรฐาน หรือการควบคุมไม่ดี อาจทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เกิดเป็นมลสารขั้นที่ 2 (Secondary pollutant) ได้ ซึ่งบางชนิดมีพิษมากกว่ามลสารเดิม (Primary pollution) ในประเทศไทยการกำจัดขยะของเสียมักจะใช้เตาเผาขนาดเล็ก กำจัดขยะได้ 25-500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และตั้งอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดของเสีย เรียกว่า เตาเผาในที่ (On-site incinerator) ส่วนการใช้เตาเผาขนาดใหญ่ที่เป็นเตาเผากลาง (Central incinerator) มีค่อนข้างน้อย

3.5.3 การทำให้คงตัว (Immobilization) เป็นการเตรียมของเสียให้มีสภาพเหมาะสมที่จะนำไปกำจัดด้วยวิธีต่าง ๆ อื่น ๆ เช่น การฝังกลบ ของเสียที่จะนำมาทำให้คงตัว ได้แก่ กากตะกอนที่มีองค์ประกอบของโลหะหนัก เศษชิ้นส่วนอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ในเตาเผา ของเสียเหล่านี้แม้จะผ่านกระบวนการบำบัดต่าง ๆ จนมีความเป็นอันตรายลดลงแล้วก็ตาม แต่ยังไม่ปลอดภัยเพียงพอในการที่จะนำไปทำการฝังกลบ ซึ่งต้องถูกเก็บไว้นาน หากถูกชะล้างซึมลงสู่ใต้ดินอาจเกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้ จำต้องลดความเป็นพิษของสาร โดยการลดอัตราการเคลื่อนตัวของสารอันตราย (Migration) ลดอัตราการละลาย (Solubility) การชะล้างสาร

อันตราย (Leaching) ออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยการเพิ่มความแข็งแกร่ง การรับแรงอัด ลดการซึมของน้ำ การลดพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้หลักของการเติมสารที่สามารถเกาะยึดกับของเสีย การเติมสารเพื่อช่วยในการคงตัวทำให้ได้เป็นของแข็ง โดยใช้ ซีเมนต์ ปูนขาว (Lime) สารอินทรีย์ โพลีเมอร์ (Polymer) การหุ้มห่อด้วยสารเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic Encapsulation) กระบวนการทำให้เป็นแก้ว (Glassification หรือ Vitrification)

3.5.4 การฝังกลบ (Landfill) เป็นกระบวนการขั้นสุดท้ายใช้สำหรับของเสียไม่อันตรายและของเสียอันตรายโดยการฝังกลบของเสียไม่อันตราย เรียกว่า การฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ส่วนการฝังกลบของเสียอันตรายที่ผ่านการบำบัดพิษมาแล้ว เรียกว่า การฝังกลบแบบปลอดภัย (Secure landfill)

3.5.5 การฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill) เป็นวิธีการดั้งเดิม โดยการฝังของเสียลงในหลุม โดยไม่มีการบดอัด ทำให้ความหนาแน่นในการฝังกลบต่ำ ไม่มีระบบป้องกันการปนเปื้อนและกระจายของสิ่งสกปรกสู่สิ่งแวดล้อม การฝังกลบวิธีนี้ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่สูงนัก การดำเนินงานไม่ซับซ้อน การฝังกลบวิธีนี้สามารถกำจัดขยะได้ครั้งละมาก ๆ โดยไม่ต้องแยกขยะก่อน การลงทุนเฉพาะ ค่าที่ดินทำให้ค่าใช้จ่ายไม่สูง นอกจากนี้พื้นที่ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น จัดเป็นสวนสาธารณะได้ การฝังกลบด้วยวิธีนี้ควรเลือกพื้นที่ ที่อยู่ห่างไกลจากชุมชนเพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดจากการดำเนินการในระยะแรก เช่น กลิ่น ดังนั้นการกำจัดด้วยวิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูง การฝังกลบทำได้ 2 วิธี คือ การฝังกลบแบบ พื้นที่ (area method) และการฝังกลบแบบขุดร่อง (trench method) แต่วิธีที่ดีที่สุด คือ การใช้ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน

3.5.6 การฝังกลบอย่างปลอดภัย (Secure landfill) การฝังกลบชนิดนี้ต้องมีวิธีการป้องกันการรั่วซึม โดยเริ่มตั้งแต่การเลือกสถานที่ฝังกลบควรเป็นที่มีชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก มีการบุพื้นและผนังบ่อด้วยวัสดุป้องกันการซึม และเมื่อฝังกลบจนเต็มหลุมต้องทำการปิดทับหลุมด้วยวัสดุกันซึมแล้วปูทับด้วยดินอีกชั้นหนึ่ง หลังจากปิดปากหลุมแล้วยังต้องดำเนินการตรวจสอบเป็นระยะอย่างสม่ำเสมอว่ามีการรั่วซึมของน้ำในแต่ละชั้นหรือไม่ เพราะหากมีการแตกร้าวหรือร้าวไหล จะต้องทำการแก้ไขทันที บริเวณรอบ ๆ หลุม ควรเจาะบ่อบาดาล เพื่อเก็บน้ำมาตรวจสอบคุณภาพของน้ำใต้ดินด้วย

ภาพที่ 2.3 แผนภูมิแสดงกระบวนการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์

4. นโยบายจัดการกากอุตสาหกรรมและของเสียอันตรายในประเทศไทย

ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) ได้มุ่งเน้นการทำงานร่วมกันระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชนและทุกส่วนของสังคมที่มีความเกี่ยวข้องซึ่งกันและกันมีการพัฒนาทรัพยากรต่าง ๆ โดยเฉพาะทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพจะนำไปสู่การพัฒนาสังคมและชุมชน ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศที่มีคุณภาพไม่ส่งผลกระทบต่อตามมา อย่างเช่นในอดีตที่เน้นการพัฒนาเฉพาะ การผลิตเพียงอย่างเดียว ในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8 ได้วางกรอบการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม โดยเน้นการฟื้นฟูการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการป้องกันสภาวะแวดล้อม โดยกลวิธีการประสานความร่วมมือจากประชาชน ชุมชน และองค์กรท้องถิ่น โดยมีแนวทางและแผนงานรองรับของกระทรวงอุตสาหกรรม ได้แก่

4.1 เกร็ดการป้องกันและแก้ไขปัญหาล้างแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหาที่เกิดจากการที่ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมที่ละเลยหรือละทิ้งความรับผิดชอบ โดยได้ดำเนินการเป็น 4 ด้านคือ

4.1.1 ด้านการป้องกัน ได้กำหนดมาตรการต่าง ๆ ได้แก่

- 1) การพิจารณาความเหมาะสมของมาตรการที่โรงงานจะใช้ในการบำบัดของเสียและสารอันตรายก่อนที่จะพิจารณาอนุญาตตาม พรบ. โรงงาน และพรบ. วัตถุอันตราย
- 2) การศึกษาและเผยแพร่มาตรการเพื่อการลดมลพิษจากแหล่งผลิตและแหล่งกำเนิด
- 3) การจัดทำโครงการนำร่อง เพื่อนำน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เพื่อกำกับดูแลไม่ให้โรงงานอุตสาหกรรม

4.1.2 ด้านการแก้ไข โดยมีวัตถุประสงค์ที่ละเลยหรือละเมิดการปฏิบัติตาม

กฎหมาย โดย

- 1) กวดขันการตรวจสอบการบำบัดของเสีย
- 2) การให้ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการแก่ผู้ประกอบการ
- 3) กรณีกระทำผิดกฎหมายจะดำเนินการลงโทษตามกฎหมายอย่างเคร่งครัดและรวดเร็ว
- 4) การใช้ระบบสารสนเทศเข้าช่วยในการบริหารงาน ติดตามผลโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมมลพิษในระยะไกล (On-line Monitoring System)
- 5) จัดให้มีระบบบำบัดของเสียแบบเคลื่อนที่ได้จำนวน 2 ชุด เพื่อบำบัดของเสียในภาวะวิกฤตต่าง ๆ

6) จัดตั้งศูนย์วิเคราะห์สารมลพิษอุตสาหกรรมในภูมิภาคที่จังหวัดระยอง เชียงใหม่ สงขลา และราชบุรี เพื่อให้สามารถทราบผลการวิเคราะห์อย่างรวดเร็ว และประกอบการสั่งปรับปรุงแก้ไขโรงงานหรือดำเนินคดีโรงงานตามกฎหมายต่อไป

4.1.3 การจัดการ เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาในระยะยาวโดยใช้มาตรการต่าง ๆ ได้แก่

1) มาตรการรวมกลุ่มอุตสาหกรรม โดยผ่านทางนิคมอุตสาหกรรม เขตประกอบการอุตสาหกรรม ตามมาตรา 30 ของ พรบ. โรงงาน พ.ศ. 2535 และชุมชนอุตสาหกรรม

2) มาตรการบริหารและจัดการสิ่งแวดล้อม ใน 2 แนวทาง คือ

(1) ภาครัฐลงทุนก่อสร้างโครงการและให้บริษัทเอกชนเข้ามาบริหารจัดการ

(2) ภาครัฐร่วมลงทุนกับเอกชนในการก่อสร้าง และบริหารโดยเอกชน

ก. ระบบบำบัดน้ำเสียรวม รัฐลงทุนก่อสร้างและให้เอกชนมาบริหาร มีทั้งหมด 4 โครงการ คือโครงการสุขสวัสดิ์ โครงการรังสิต โครงการ กระจุกมแบน โครงการสามพราน

ข. ระบบบำบัดกากของเสียรวม เป็นระบบที่ภาครัฐลงทุนก่อสร้าง และร่วมลงทุนกับเอกชนมี 2 โครงการ คือ

ก) โครงการแสมดำ-ราชบุรี เป็นโครงการที่รัฐลงทุนก่อสร้างและให้เอกชนดำเนินการในระบบบำบัดทางเคมี-ฟิสิกส์ และระบบปรับเสถียรที่ศูนย์แสมดำ และนำไปฝังกลบที่จังหวัดราชบุรี

ข) โครงการบำบัด บริหารและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจำกัด (GENCO) เป็นโครงการร่วมลงทุนระหว่างรัฐกับเอกชนในอัตราส่วน 75 : 25 ลงทุนประมาณ 2,400 ล้านบาท มีความสามารถในการกำจัดกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม วันละ 1,000 ตัน หรือปีละ 360,000 ตัน มีการดำเนินการรวม 3 ระบบ คือ

(ก) ระบบปรับเสถียร

(ข) ระบบบำบัดทางเคมี ฟิสิกส์

(ค) ระบบเตาเผา

4.1.4 ด้านการสนับสนุน ได้กำหนดมาตรการในการสนับสนุนต่าง ๆ และการเข้าไปมีส่วนร่วม ดังนี้

1) การเข้าไปมีส่วนร่วมในโครงการกำหนดมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ หรือ ISO 14000 Environmental Management System ในส่วนของระบบการจัดการ สิ่งแวดล้อม (Environment Management System) และ การตรวจสอบและบันทึกผลสิ่งแวดล้อม (Environment Auditing)

2) การนำระบบสารสนเทศมาใช้เพื่อสนับสนุนในการกำกับดูแล และให้คำแนะนำทางวิชาการ คือ ศูนย์ข้อมูลสิ่งแวดล้อม ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ระบบข้อมูลห้องสมุด การประชาสัมพันธ์เพื่อการเสริมสร้างจิตสำนึกในการรักษาคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยผ่านสื่อสารการประชาสัมพันธ์ต่าง ๆ

4.2 เสริมสร้างให้เกิดความปลอดภัยในการประกอบกิจการด้านอุตสาหกรรม ได้แก่

4.2.1 ความปลอดภัยเกี่ยวกับขบวนการผลิต

4.2.2 ความปลอดภัยเกี่ยวกับวัตถุอันตรายและผลิตภัณฑ์

4.2.3 มาตรการป้องกันและระงับอุบัติเหตุ

4.2.4 การจัดตั้งศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตราย

4.3 อำนวยความสะดวกแก่ผู้ประกอบการอุตสาหกรรม ได้แก่

4.3.1 กำหนดขั้นตอนวิธีการและระยะเวลาในการพิจารณาอนุญาต

4.3.2 การจัดทำคู่มือปฏิบัติตามกฎหมาย

4.4 ก้าวสู่เวทีระหว่างประเทศ โดยเข้าร่วมในการดำเนินการตามพันธกรณีระหว่างประเทศตามอนุสัญญาและพิธีการต่าง ๆ ดังนี้

4.4.1 อนุสัญญาเวียนนาว่าด้วยการป้องกันชั้นบรรยากาศโอโซน

4.4.2 พิธีสารมอนทรีออล ว่าด้วยการควบคุมสารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน

4.4.3 อนุสัญญาว่าด้วยการห้ามอาวุธเคมี

4.4.4 อนุสัญญามาเซล ว่าด้วยการควบคุมขนย้ายกากสารพิษข้ามแดน และการ

กำจัดโดยมีกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานประสานงาน (National Focal Point) และกรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหน่วยงานผู้มีอำนาจ (National Authority) ใช้พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535

4.5 ส่งเสริม 4 ภาคี ป้องกันปัญหาอาชีวศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย

4.5.1 **ภาครัฐบาล** มีบทบาทหน้าที่ในการดูแลกำกับให้มีการป้องกัน ประกอบด้วยกระทรวงที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

4.5.2 **ภาคเจ้าของกิจการ** มีหน้าที่ดำเนินการป้องกันการเกิดมลพิษที่อาจก่อให้เกิดปัญหาทั้งใน และนอกสถานประกอบการ ประกอบด้วย ผู้แทนจากบริษัท วิศวิกกิจ องค์กรนายจ้าง กลุ่มผู้ประกอบการอุตสาหกรรม

4.5.3 **ภาคประชาชน** มีหน้าที่ปฏิบัติงานเพื่อป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย บุคคล ชุมชน ท้องถิ่น องค์กรลูกจ้าง

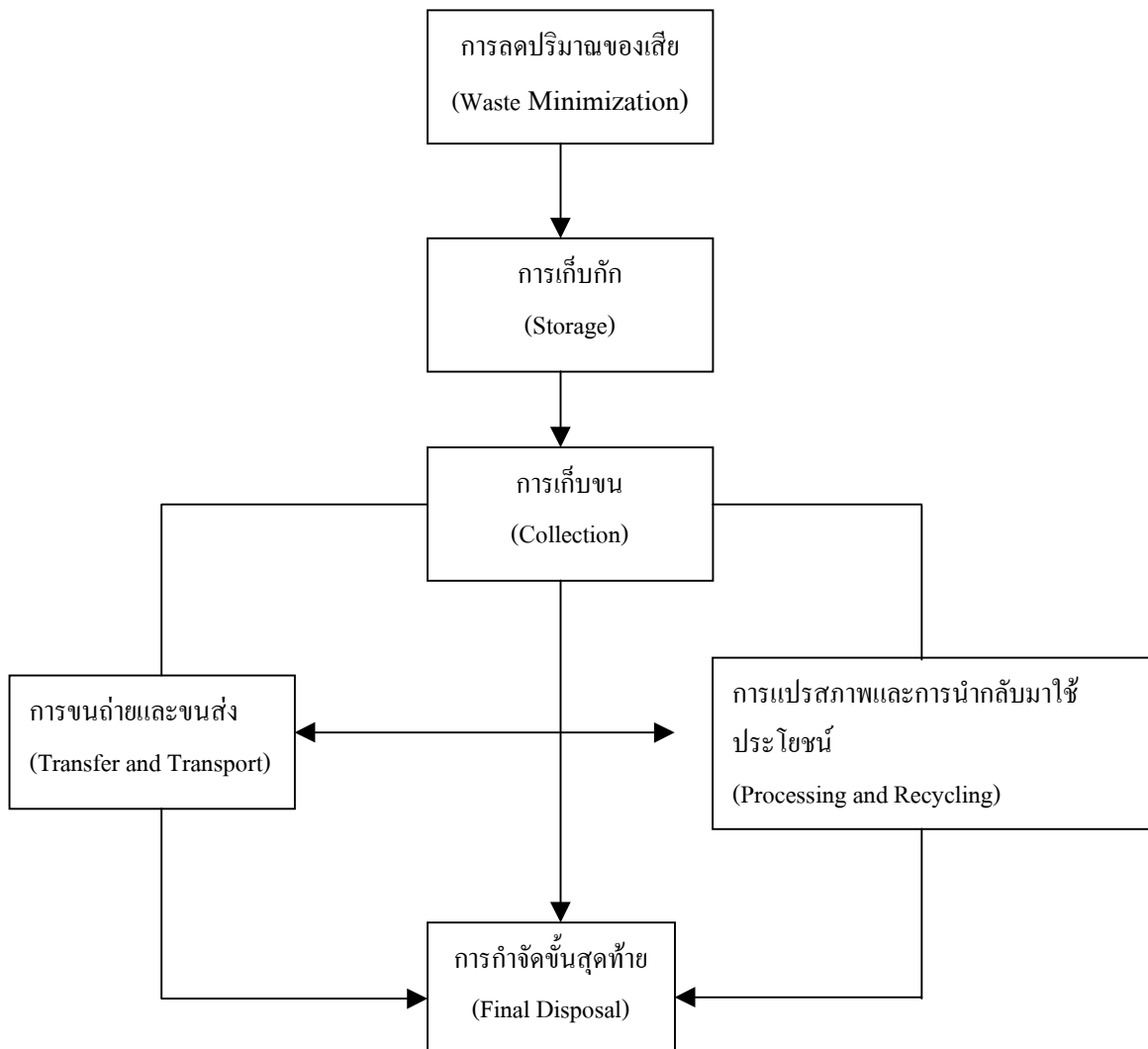
4.5.4 **ภาคนักวิชาการ** มีบทบาททางวิชาการในการป้องกันปัญหาอาชีวเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อมในสาขาที่เกี่ยวข้อง

4.6 การกำหนดนโยบาย ในการกำหนดนโยบายต่าง ๆ ได้มีการกำหนดกฎหมายระเบียบขั้นตอน ต่าง ๆ ในการดำเนินการแปลงนโยบายไปสู่การปฏิบัติโดยกำหนดบทบาทของผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่

4.6.1 **บทบาทหน้าที่ของผู้ผลิตของเสีย** จะต้องนำการวิเคราะห์และตรวจสอบว่ามีของเสียอันตรายประเภทใดบ้างที่ถูกผลิตขึ้น และในปริมาณเท่าใด หากมีการขนย้ายของเสียออกจากโรงงานต้องมีการบรรจุอย่างดี และมีสัญลักษณ์ที่แสดงไว้ รวมทั้งต้องลงนามกับในใบกำกับการขนย้าย (Manifest) ต้องระบุชื่อ-ที่อยู่ของผู้ผลิต ผู้ขนส่ง ผู้ที่รับการจัดของเสียและปริมาณ และลักษณะของเสีย ตลอดจนต้องรายงานข้อมูล ต่าง ๆ เหล่านี้ ไปยังหน่วยงานควบคุมและกำกับดูแลการจัดกาก อุตสาหกรรม ประจำภูมิภาคที่โรงงานตั้งอยู่ทุกปี

4.6.2 **กำหนดหน้าที่ของผู้ที่ขนส่งของเสียที่เป็นอันตราย** จะต้องตรวจสอบด้วยว่าของเสียที่ จะทำการขนส่งนั้นถูกต้องตรงตามที่ระบุในใบกำกับ และมีลายมือชื่อของผู้ผลิตของเสียครบถ้วนแล้วหรือไม่ ผู้ทำการขนส่งของเสียจะต้องลงนามในใบกำกับการขนส่ง ซึ่งจะมี 3 ชุด ให้ส่งคืนผู้ผลิต ของเสีย 1 ชุด ผู้ขนส่งเก็บไว้ 1 ชุด และส่งให้ผู้รับกำจัดของเสียที่ปลายทาง 1 ชุด ตลอดจนรายงาน ข้อมูลไปยังกรมการขนส่งทางบกด้วย

4.6.3 หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง มีหน้าที่ทำการตรวจสอบให้ทุกคนปฏิบัติตามกฎหมายว่ามีการเกิดของเสียที่เป็นอันตรายที่ถูกผลิตขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ได้รับการจัดการอย่างถูกต้องใน แต่ละขั้นตอนหรือไม่ มีการปนเปื้อนหรือแพร่กระจายของของเสียที่เป็นอันตรายหรือไม่ ในปริมาณ เท่าใด กระตุ้นและควบคุมให้ทุกฝ่ายทำหน้าที่ของตนเองอย่างเคร่งครัดตามกฎหมาย นอกจากนี้ยังต้องรับผิดชอบในการวิเคราะห์ตรวจสอบว่าของเสียนั้น มีลักษณะเข้าข่ายเป็นของเสียที่เป็นอันตรายหรือไม่ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2540 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2541 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว



ภาพที่ 2.4 แผนภูมิแสดงองค์ประกอบของระบบการจัดการกากของเสีย

ที่มา : อุตสาหกรรม, กรมโรงงาน สำนักงานพัฒนาคุณภาพและสิ่งแวดล้อม ฝ่ายบริการกำจัดกาก
สารพิษ *การกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม* กรุงเทพมหานคร 2539

ตารางที่ 2.10 เปรียบเทียบวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยในด้านเทคนิค และด้านเศรษฐกิจ

ข้อพิจารณา	วิธีการกำจัดมูลฝอย		
	การเผา	การหมักปุ๋ย	การฝังกลบ
1. ด้านเทคนิค			
1.1 ความยากง่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง	- ใช้เทคโนโลยีค่อนข้างสูงการเดินเครื่องยุ่งยาก - เจ้าหน้าที่ควบคุมต้องมีความชำนาญสูง	- ใช้เทคโนโลยีสูงพอควร - เจ้าหน้าที่ควบคุมต้องมีระดับความรู้สูงพอควร	- ใช้เทคโนโลยีไม่สูงนัก - เจ้าหน้าที่ควบคุมระดับความรู้ธรรมดา
1.2 ประสิทธิภาพในการกำจัด			
- ปริมาณมูลฝอยที่กำจัดได้	- ลดปริมาณได้ 60-65% ที่เหลือต้องนำไปฝังกลบ	- ลดปริมาณได้ 30-35 % ที่เหลือต้องนำไปฝังกลบ หรือเผา	- สามารถกำจัดได้ 100 %
- ความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค	- กำจัดได้ 100 %	- กำจัดได้ 70 %	- กำจัดได้เพียงเล็กน้อย
1.3 ความยืดหยุ่นของระบบ	- ถ้าหากเกิดปัญหาเครื่องจักรกลชำรุดไม่สามารถปฏิบัติงานได้	- ถ้าหากเครื่องจักรกลชำรุดไม่สามารถปฏิบัติการได้	- สูงแม้ว่าเครื่องจักรกลจะชำรุดยังสามารถกำจัดหรือรอการกำจัดได้
1.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม			
- น้ำผิวดิน	- ไม่มี	- อาจมีได้	- มีความเป็นไปได้สูง
- น้ำใต้ดิน	- ไม่มี	- อาจมีได้	- มีความเป็นไปได้สูง
- อากาศ	- มี	- ไม่มี	- อาจมีได้
- กลิ่น แมลง พาหะนำโรค	- ไม่มี	- อาจมีได้	- มี

ตารางที่ 2.10 (ต่อ)

ข้อพิจารณา	วิธีการกำจัดมูลฝอย		
	การเผา	การหมักปุ๋ย	การฝังกลบ
1.5 ลักษณะสมบัติของมูลฝอย	- ต้องเป็นสารที่เผาไหม้ได้มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 4,500 kl/kg และค่าความชื้นไม่มากกว่า 40 %	- ต้องเป็นสารที่ย่อยสลายได้มีความชื้น 50-70 %	- รับมูลฝอยได้เกือบทุกประเภท ยกเว้นมูลฝอยติดเชื้อ หรือสารพิษ
1.6 ขนาดที่ดิน	- ใช้เนื้อที่น้อย	- ใช้เนื้อที่ปานกลาง	- ใช้เนื้อที่มาก
2. ด้านเศรษฐกิจ			
2.1 เงินลงทุนในการก่อสร้าง	- สูงมาก	- ค่อนข้างสูง	- ค่อนข้างต่ำ
2.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง	- สูง	- ค่อนข้างสูง	- ค่อนข้างต่ำ
2.3 ผลพลอยได้จากการกำจัด	- ได้พลังงานความร้อนจากการเผา	- ปุ๋ยอินทรีย์จากการหมักและพวกโลหะที่แยกก่อนหมัก	- ได้ก๊าซมีเทน เป็นเชื้อเพลิง - ปรับพื้นที่เป็นสวนสาธารณะ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม *การจัดการมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร* คู่มือสำหรับผู้บริหารองค์กรส่วนท้องถิ่น กรุงเทพมหานคร 2544

5 สถานะการจัดการกากอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

ปัจจุบันกากอุตสาหกรรมที่เป็นของเสียอันตรายเกิดขึ้นทั่วประเทศ คาดว่าปีละประมาณ 1.24 ล้านตัน โดยกากส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 90 เกิดขึ้นในเขต 14 จังหวัด รอบๆ กรุงเทพมหานคร ได้แก่ กรุงเทพ และปริมณฑล 6 จังหวัด และฉะเชิงเทรา ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง อุทัย สระบุรี ราชบุรี นนทบุรี จำนวน 8 จังหวัด ตารางที่ 2.11 แสดงปริมาณการจัดการที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่าการจัดการกากอุตสาหกรรมที่เป็นของเสียอันตรายสามารถบำบัดโดยผ่านศูนย์ทางราชการหรือราชการมีส่วนร่วมลงทุน ได้แก่ บริษัท บริหาร และพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จำกัด (มหาชน) รวมการบำบัดปีละ 245,000 ตัน หรือประมาณร้อยละ 20 ของกากทั้งหมด มีการนำกากที่เป็นตัวทำละลายใช้แล้ว บางชนิดไป Recycle ประมาณปีละ 8,000 ตันหรือประมาณร้อยละ 8.6 ของกากของเสียอินทรีย์อื่น ๆ (92,591.34 ตัน/ปี) ส่วนกากอุตสาหกรรมโรงงานสามารถบำบัดได้เองประมาณร้อยละ 32.5 และมีกากอุตสาหกรรมเหลือกักเก็บเอาไว้ภายในโรงงาน และยังไม่ได้รับการกำจัดอีกประมาณร้อยละ 47.5 โดยเฉพาะอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล รวมทั้งบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ซึ่งรวมทั้งส่วนที่สามารถนำไป Recycle/Recovery ได้ และต้องกำจัด ซึ่งใน ส่วนที่เป็น แนวทางในการสนับสนุนให้เกิดอุตสาหกรรม Recycle/Recovery และการเพิ่มบริการการกำจัดกาก โดยสัดส่วนของขยะที่เหลือและนำไปฝังหรือเผาทำลายการเหลือเพื่อการฝังกลบ ไม่ควรเกินร้อยละ 20

กรมควบคุมมลพิษ : 2544 ได้รายงานสถานการณ์ด้านการจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทยว่า ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม ที่มีไซของเสียอันตรายจากภาคอุตสาหกรรม มีการนำของเสียของเหลือใช้ไปใช้ประโยชน์ใหม่ในอัตราร้อยละ 40 ของปริมาณการบริโภค ผลิตภัณฑ์ และของเสียหรือของเหลือใช้ที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต ยังมีอัตราการนำเข้ามาใช้สูงอยู่ ซึ่งหากมีการรวบรวมของเสีย ของเหลือใช้ในประเทศไทย มาแปรรูปใช้ใหม่ จะทำให้ปัญหาการนำเข้าวัตถุดิบลดลงได้ ส่วนขยะมูลฝอยทั่วไป ที่มีไซของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดย่อม ยังคงทิ้งรวมกับมูลฝอยชุมชน แต่จากอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มีการจ้างเอกชนไปทิ้งกับขยะมูลฝอยชุมชน ซึ่งบางครั้งมีการปะปนของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมรวมอยู่ด้วย ซึ่งนับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ทั้งดิน น้ำ และอากาศ กรณีมีการเผาเป็นบางครั้งคราว

ตารางที่ 2.11 ปริมาณการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.12 แสดงร้อยละของขยะอุตสาหกรรมที่นำไป Recycle

ชนิดของขยะ	1980	1982	1984	1987
โลหะต่าง ๆ	97.8	99.4	99.4	98.7
กระดาษ และกระดาษอัด	80.8	78.1	83.9	80.8
ขยะอินทรีย์	70.9	73.9	76.5	76.6
ตะกรัน และกากตะกอนต่าง ๆ	37.6	51.3	38.3	79.5

ที่มา : B. Billitewski et al “ Commercial and Manufacturing Wastes” in *Waste Management*, 28-33. Mercedesdruck, Berlin. Germany, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1994.

จากตารางที่ 2.12 อัตราการนำโลหะมาใช้ใหม่สูงสุด รองลงมาได้แก่ กระดาษ และของเสียจากสารอินทรีย์ในกระบวนการผลิตอาหาร ส่วน ตะกรัน และกากตะกอนต่าง ๆ มีอัตราการนำไปใช้ที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

6. องค์ประกอบและลักษณะสมบัติของขยะอุตสาหกรรม

จากนิยามขยะอุตสาหกรรมหรือมูลฝอยอุตสาหกรรม ซึ่งหมายถึง สิ่งของที่ไม่ต้องการแล้ว อาจอยู่ในรูปของของแข็ง ของเหลว หรือกึ่งของแข็ง เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก เศษของที่ไม่ใช่ต่าง ๆ ภาชนะที่บรรจุอาหาร เป็นต้น ซึ่งได้จำแนกประเภทของมูลฝอยตามลักษณะสมบัติ ดังนี้

6.1 ลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็นชนิดที่เผาไหม้ได้ เช่น กระดาษ ผ้า เศษอาหาร หลุม้าไม้ พลาสติก ยาง เป็นต้น และเผาไหม้ไม่ได้ เช่น โลหะ แก้ว อิฐ หิน กรวด

6.2 ลักษณะทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ปริมาณของแข็งรวม คือปริมาณมูลฝอยแห้งที่เหลือจากการนำน้ำออกไป ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า คือ กากของมูลฝอยที่เหลือจากการเผาไหม้ ค่าความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผามูลฝอย องค์ประกอบด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณสารในโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม คาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ซัลเฟอร์ คลอรีน สารเคมีเป็นพิษ ได้แก่ ตะกั่วปรอท แมงกานีส เป็นต้น

6.3 ลักษณะทางชีวภาพ ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic bacteria) และเชื้อที่ช่วยให้มูลฝอยเกิดการย่อยสลายได้ดี (Decomposition bacteria)

6.4 ประเภทของมูลฝอย ตามนิยามของ Incinerator Institute of America แบ่งมูลฝอยทั่วไป (General Waste) เป็นประเภทที่ 0,1,2,3 และ 4 ดังแสดงในตารางที่ 2.13 ซึ่งประกอบด้วย ส่วนผสมของ กระดาษ กระดาษลัง พลาสติก เศษอาหาร แก้ว โลหะ เป็นหลัก

ตารางที่ 2.13 การแบ่งประเภทมูลฝอยตามนิยามของ Incinerator Institute of America

Waste Type	Moisture (%)	Ahs (%)	Lower Heating Value (kJ/kg)
Type 0 Trash	10	5	19,771
Highly combustible waste, paper, cardboard cartons, including up to 10 % treated papers, plastic, or rubber scraps; commercial and industrial sources.			
Type 1 Rubbish	25	10	15,119
Combustible waste, paper, cartons, rags, wood scraps, combustible floor sweepings; domestic, commercial, and industrial sources.			
Type 2 Refuse	50	7	10,002
Rubbish and garbage; residential sources.			
Type 3 Garbage	70	5	5,815
Animal and vegetable waste, restaurants, hotels, markets; institutional; commercial and club sources.			
Type 4 Organic Wastes	85	5	2,326
Carcases, organs, solid organic wastes; hospitals, laboratories, abattoirs, animal pounds and similar sources.			

ที่มา : Alex E.S. Green, *Medical Waste Incineration And Pollution Prevention* Van Nostrand Reinhold, 1992.

7. กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับของเสียอันตราย

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับของเสียมีหลายฉบับ และอยู่ในการควบคุมดูแลของกระทรวง ทบวง กรม ต่าง ๆ กฎหมายหลักที่ใช้ในการควบคุมที่สำคัญ ได้แก่

7.1 พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติฉบับนี้ เป็นกฎหมายหลักที่ใช้ควบคุมการนำเข้า ส่งออก การผลิต การจำหน่าย การครอบครอง การขนส่ง การใช้และการกำจัดทำลายวัตถุอันตรายรวม 10 ประเภท ซึ่งได้แบ่งตามคุณสมบัติของวัตถุอันตรายในการควบคุม ได้มีการแบ่งออกเป็น 4 ชนิด โดยให้อำนาจแก่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมเป็นผู้กำหนด ซึ่งวัตถุอันตรายในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 1, 2, 3 หรือ 4 ในส่วนของเสียอันตรายได้ถูกควบคุมโดยได้กำหนดให้เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ดังนั้นในการผลิตการนำเข้า การส่งออก การใช้หรือมีไว้ครอบครองจะต้องได้รับอนุญาตจากทางราชการก่อน

7.2 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายในการควบคุมการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีการกำหนดให้ออกกฎกระทรวง ประกาศกระทรวงฉบับต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ประกอบการดำเนินการให้ถูกต้องตามกฎหมาย รวมถึงวิธีการควบคุมการปล่อยมลพิษออกจากโรงงาน มาตรการในการจัดการกำจัดกากอุตสาหกรรมที่เป็นของเสียอันตราย ซึ่งเกิดจากขบวนการผลิตด้วย

7.3 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2538 ใช้ควบคุมของเสียอันตรายในกรณีที่กฎหมายอื่นครอบคลุมไม่ถึง หรือใช้เพิ่มเติมกับกฎหมายเฉพาะที่มีอยู่ ได้ให้อำนาจรัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยการแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษในการกำหนดกฎกระทรวงกำหนดชนิดและประเภทของเสียอันตรายที่เกิดจากการผลิต การใช้ สารเคมีหรือวัตถุอันตรายในขบวนการผลิตให้อยู่ในความควบคุมโดยกำหนดมาตรการและวิธีการควบคุม การเก็บรวบรวม การรักษาความปลอดภัย การขนส่งเคลื่อนย้าย การนำเข้ามาในราชอาณาจักร การส่งออกไปนอกราชอาณาจักร การบำบัดและกำจัดของเสียดังกล่าว ด้วยวิธีการที่เหมาะสมและถูกต้องตามหลักวิชาการและในการใช้สารอันตรายหรือการปล่อยของเสียที่มีสารอันตรายออกสู่สิ่งแวดล้อมจะต้องมิให้เกินมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่กำหนด

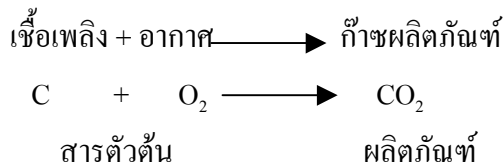
7.4 พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายกำกับดูแลและป้องกัน เกี่ยวกับการอนามัยและสิ่งแวดล้อม และกำหนดให้พนักงานท้องถิ่น มีอำนาจห้ามมิให้บุคคลก่อเหตุ รำคาญ รวมทั้งระงับเหตุรำคาญเกี่ยวกับสารอันตราย ของเสียอันตราย และมูลฝอยติดเชื้อ

8. การเผาไหม้และการเผาทำลายขยะมูลฝอย

ในทางวิทยาศาสตร์ คำว่า การเผาไหม้ และการเผาทำลาย มีความหมายเหมือนกัน คือ กระบวนการเผาที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่รวดเร็วของสสาร

ในความหมายที่เข้าใจกันทั่วไปนั้น การเผาไหม้ หมายถึง การเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไอน้ำ หรือไฟฟ้า และการเผาทำลาย หมายถึง การเผามูลฝอย

8.1 กระบวนการเผาไหม้ การเผาไหม้ คือกระบวนการเผาที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างรวดเร็วขององค์ประกอบอินทรีย์ที่มีความร้อนและแสงสว่างเข้ามาเกี่ยวข้อง กระบวนการสามารถแทนด้วยสมการปฏิกิริยาทางเคมี



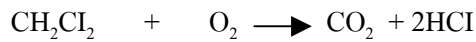
จากสมการแสดงถึง คาร์บอนจำนวนหนึ่งโมล ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนจำนวนหนึ่งโมล เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หนึ่งโมล ซึ่งมีความหมายว่า คาร์บอนจำนวน 12 กิโลกรัม ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนจำนวน 32 กิโลกรัม เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน 44 กิโลกรัม

การเผาไหม้จะเป็นไปตามกฎของการอนุรักษ์มวล และกฎของการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือระดับของมวล และพลังงาน ของระบบการเผาไหม้จะเท่ากัน ดังนั้น การคำนวณสมดุลมวล และพลังงานจะเป็นหลักสำคัญในการพิจารณาระบบการเผาไหม้ ทั้งนี้ สมดุลมวลจะสามารถบ่งชี้ปริมาณของผลิตภัณฑ์จากสารตั้งต้นของระบบสมดุล พลังงานจะบ่งชี้ปริมาณการถ่ายเทพลังงานของระบบ

8.2 การเผาทำลาย คือ กระบวนการทางวิศวกรรมที่ใช้ควบคุมสถานะการเผาไหม้ เพื่อผลในการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยความร้อน โดยเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางเคมี 3 กระบวนการ (1)

กระบวนการออกซิเดชันที่รุนแรง (2) กระบวนการไพโรไลซิสที่อ่อน (3) การชนกันของอนุภาค (radical) ที่อ่อน

8.2.1 ออกซิเดชัน คือ กระบวนการที่สารอินทรีย์ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นอันตราย เช่น สมการออกซิไดซ์ไดคลอโรมีเทน



8.2.2 ไพโรไลซิส คือ กระบวนการลดปริมาตรด้วยความร้อนจากการทำลาย หรือการเปลี่ยนแปลงประกอบทางเคมีของสารประกอบของธาตุคาร์บอนในสภาวะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน หรือมีจำนวนน้อยมาก ทั้งนี้ ความร้อนจะถูกใช้ในการทำลายพันธะที่ยึดเหนี่ยวกันขององค์ประกอบ

การเผาทำลายต้องการอากาศส่วนเกินประมาณ 50-150% เพื่อให้มีก๊าซออกซิเจนเพียงพอในการเผาไหม้มูลฝอยในห้องเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพ มูลฝอยบางส่วนจะไม่มีโอกาสรวมกับก๊าซออกซิเจน ซึ่งมูลฝอยที่มีอุณหภูมิสูงเหล่านี้จะเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิส ดังตัวอย่างไพโรไลซิสของสารประกอบเฮลโลโลส และของเสียที่ประกอบหรือปนเปื้อนด้วย โพลีคลอรีเนตเต็ดไบฟีนิล (Polychlorinated byphenyl, PCB)



องค์ประกอบที่เป็นผลิตภัณฑ์โดยปกติจะเป็นก๊าซพื้นฐาน เช่น CO CH₄ และคาร์บอน หรือถ่านซึ่งอยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลว เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะเกิดเป็นก๊าซอย่างสมบูรณ์ซึ่งสามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงได้

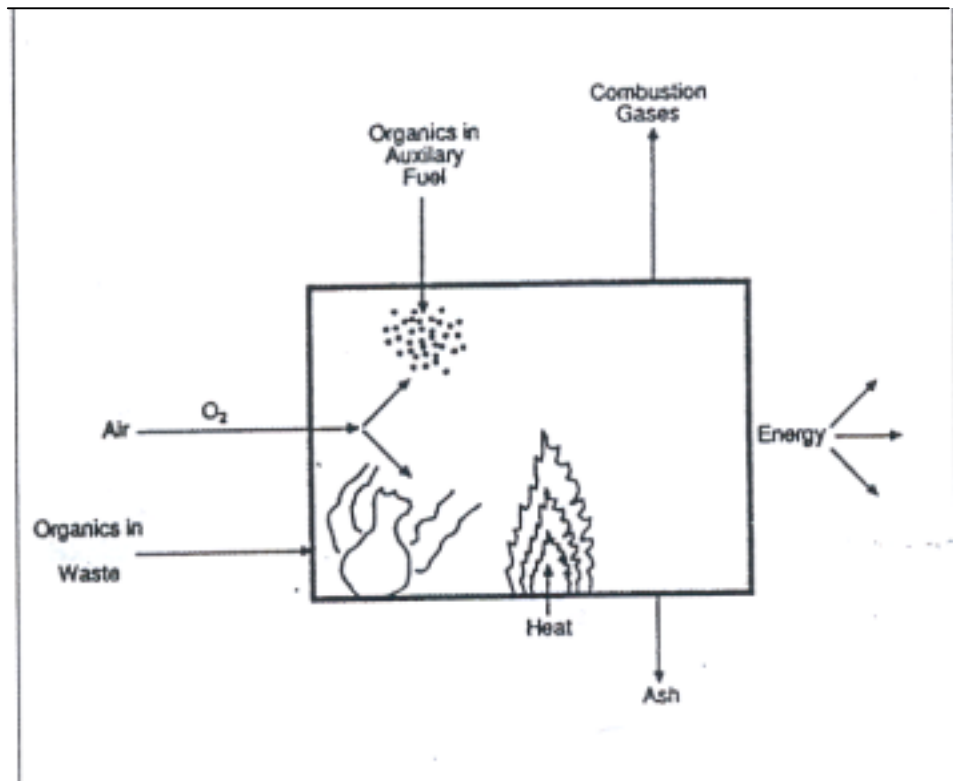
8.2.3 การชนกันของอนุภาค ในระหว่างการเผาทำลาย เปลวไฟที่เกิดขึ้นเกิดจากอุณหภูมิที่ประมาณ 100 องศาเซลเซียส และกระแสก๊าซอนุภาคจำนวนมาก กระแสก๊าซนี้ประกอบด้วยอะตอมไฮโดรเจน อะตอมของออกซิเจนอะตอมของคลอรีน อนุภาคไฮดรอกซิล อนุภาคเมทิล อนุภาคเหล่านี้ เมื่อกระทบกับมูลฝอยที่เป็นอินทรีย์สารจะทำปฏิกิริยากันอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาตรของมูลฝอยลดลงอย่างรวดเร็ว

8.3 การเผาทำลายมูลฝอยอุตสาหกรรม เมื่อมูลฝอยถูกป้อนเข้าในเตาเผาองค์ประกอบส่วนที่เป็นอินทรีย์สารในมูลฝอยจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนอย่างรวดเร็ว และรุนแรง ได้ผลิตเป็นก๊าซจากการเผาไหม้ และพลังงานในรูปความร้อนและแสง

สมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้

อินทรีย์สาร + ก๊าซออกซิเจน + ความร้อน \rightarrow ก๊าซจากการเผาไหม้ + ของแข็งที่เหลืออยู่ + พลังงาน (ความร้อน)

ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาทำลายมูลฝอย มีประสิทธิภาพเพียงพอ ที่รักษาให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงช่วย ยกเว้นในช่วงเริ่มจุดเท่านั้น องค์ประกอบที่สำคัญที่เป็นตัวเริ่มต้นให้เกิดปฏิกิริยา และควบคุมให้การเผาทำลายสามารถดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่องสามประการ คือ (1) อินทรีย์สารในมูลฝอย (2) ออกซิเจน และ (3) ความร้อน ในภาพที่ 2.5 แสดงองค์ประกอบที่จำเป็นต่อระบบการเผาทำลาย



ภาพที่ 2.5 องค์ประกอบของระบบการเผาทำลาย

8.4 องค์ประกอบของการเผาทำลาย องค์ประกอบของการเผาไหม้มี 4 ประการหลัก คือ 1. เชื้อเพลิง 2. ตัวออกซิไดซ์ 3. ความชื้น 4. ตัวเจือจาง แต่ระบบการเผาทำลาย นั้น จะมีองค์ประกอบ 5 ประการหลัก คือ 1. เชื้อเพลิง 2. ตัวออกซิไดซ์ 3. ความร้อน 4. ตัวเจือจาง และ 5. อินทรีย์สาร

8.4.1 เชื้อเพลิง คือ ส่วนผสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งระหว่างอะตอมยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมี เช่น พันธะคาร์บอน - คาร์บอน พันธะคาร์บอน - ไฮโดรเจน สารไฮโดรคาร์บอน เหล่านี้ โดยปกติเป็นแหล่งของพลังงานเคมี

8.4.2 ตัวออกซิไดซ์ คือ สารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของมูลฝอยระหว่างการเผาทำลาย มีหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานพันธะเคมีที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงให้กลายเป็นพลังงานความร้อน หรือเปลี่ยนโมเลกุลของสารประกอบในมูลฝอยให้อยู่ในรูปของแสงและสารประกอบพื้นฐาน เช่น CO_2 , H_2O และ HCl ซึ่งตัวออกซิไดซ์ที่ปรากฏส่วนใหญ่ได้แก่ โมเลกุลของก๊าซออกซิเจนที่อยู่ในอากาศ

ออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาการเผาไหม้จะได้จากอากาศในการเผาไหม้ ซึ่งถูกป้อนเข้าห้องเผาไหม้ทางช่องอากาศด้วยพัดลม หรือการเหิรย่นาแบบธรรมชาติ โดยปกติอากาศส่วนนี้ประกอบด้วยก๊าซออกซิเจน 21% ก๊าซไนโตรเจน 79% โดยปริมาตร ดังนั้น จึงมีเพียง 21% ของอากาศในการเผาไหม้ที่ถูกป้อนเข้าระบบการเผาทำลายที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับอินทรีย์สารในมูลฝอยและเชื้อเพลิง

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ระหว่างอินทรีย์สารในมูลฝอย และออกซิเจนจะทำให้เกิดการลุกไหม้ นั้น ก็ต่อเมื่ออินทรีย์สารมีอุณหภูมิสูงขึ้นเพียงพอถึงจุดติดไฟหรือเริ่มการเผาไหม้เท่านั้น สารแต่ละชนิดจะมีช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน แต่ในช่วงอุณหภูมิ $530\text{ }^{\circ}\text{C} - 980\text{ }^{\circ}\text{C}$ มักจะพิจารณาได้ว่าเป็นช่วงที่เกิด “สภาวะการเผาไหม้ที่ดี” โดยพลังงานที่อยู่ในรูปของความร้อนถูกต้องการเพื่อที่จะเพิ่มอุณหภูมิของห้องเผาไหม้และ มูลฝอย รวมทั้งออกซิเจนให้สูงเพียงพอที่จะเกิดการเผาไหม้ได้ ซึ่งในช่วงเริ่มต้นเผามูลฝอย พลังงานนี้จะได้จากหัวเผาภายหลังระบบได้เกิดการเผาไหม้แล้ว ปริมาณพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผามูลฝอยจะมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะรักษาอุณหภูมิไว้

8.4.3 ความร้อน ความร้อนจะใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้ถึงอุณหภูมิการเผาไหม้ และรักษาอุณหภูมินั้นไว้ตลอดการเผาไหม้

8.4.4 ตัวเจือจาง คือ สารที่ไม่มีส่วนร่วมทางเคมีในการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ เหมือนกับสารเชื้อเพลิง หรือตัวออกซิไดซ์ แต่จะมีอิทธิพลต่อกระบวนการเผาไหม้ในการจำกัด

อุณหภูมิที่จะสูงขึ้นของการเผาไหม้ หรือกล่าวได้ว่า ตัวเชื้ออาจเป็นสารที่มีผลกระทบในทางกายภาพแก่กระบวนการเผาไหม้ ในระบบการเผาทำลาย มีตัวเชื้อหลัก ๆ คือ

1) *ไนโตรเจน* ในอากาศจะมีก๊าซไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 79% ซึ่งเป็นตัวเชื้อหลักที่มีมากที่สุด

2) *ปริมาณออกซิเจนส่วนเกิน* โดยปกติเตาเผามีความต้องการปริมาณออกซิเจนส่วนเกินประมาณ 150-200% ตามทฤษฎี ปริมาณออกซิเจนส่วนเกิน (ส่วนที่เกินจากความต้องการทางทฤษฎี) มีลักษณะเป็นตัวเชื้อที่มีผลต่อกระบวนการเผาไหม้ในทางกายภาพเท่านั้น ไม่ใช่ทางเคมี

3) *ไอน้ำ* ในอากาศที่ใช้เผาไหม้ หรือไอน้ำในมูลฝอย หรือไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่าง กระบวนการ

4) *องค์ประกอบของเถ้าอินทรีย์* ซึ่งมาจากโลหะหนักที่เจือปนอยู่ในมูลฝอยหรือเชื้อเพลิง โดยทั่วไปโลหะหนักที่เจือปนอยู่นี้ไม่มีผลใด ๆ ต่อปฏิกิริยาการเผาไหม้ สุดท้ายจะยังคงอยู่ในเถ้าจากการเผาหรือปล่อยออกมาในรูปของมลพิษฝุ่น อากาศในห้องเผาไหม้กับแก๊สจากการเผาไหม้ การลดมลพิษฝุ่นในแก๊สจากการเผาไหม้ทำได้โดยการควบคุมความเร็วของอากาศในห้องเผาไหม้

8.4.5 อินทรีย์สาร ได้แก่ ประเภทของมูลฝอย ที่สามารถเผาทำลายได้ ประกอบด้วย มูลฝอยอันตราย มูลฝอยชุมชน มูลฝอยติดเชื้อ สารพิษ (PCB) กากตะกอนจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย และมูลฝอยที่ไม่ได้ระบุประเภท เช่น มูลฝอยที่ไม่เป็นพิษ โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งอินทรีย์สารที่ใช้ในการเผาไหม้มาจากสองแหล่ง คือ จากมูลฝอย และจากเชื้อเพลิง สัดส่วนและชนิดของอินทรีย์สารที่มีอยู่ในมูลฝอยประเภทต่าง ๆ นั้นย่อมแตกต่างกันไป ซึ่งมีผลทำให้ค่าความร้อนและความสามารถในการรักษาอุณหภูมิในการเผาไหม้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ อินทรีย์สารในมูลฝอยจะถูกใช้ในการรักษาอุณหภูมิของการเผาไหม้ภายในเตาเผา ในส่วนอินทรีย์สารของเชื้อเพลิงจะใช้เพื่อเริ่มการเผาไหม้หรืออุ่นให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่ก็มีการใช้รักษาระดับอุณหภูมิของการเผาไหม้ด้วยในกรณีที่มูลฝอยมีค่าความร้อนสูงไม่เพียงพอ

8.5 ขยะอุตสาหกรรม มีองค์ประกอบของอินทรีย์สารประเภทสารระเหย และคาร์บอนคงที่ ซึ่งอินทรีย์สารทั้งสองประเภทยังมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา และคุณลักษณะการเผาไหม้ รวมทั้งตัวแปรที่ต้องควบคุมสำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่แตกต่างกัน

8.5.1 สารระเหย คือ อินทรีย์สารที่ระเหิดหรือระเหยได้ เมื่อได้รับความร้อน การเผาไหม้จะเกิดขึ้นเมื่ออยู่ในสถานะแก๊ส ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยานี้ได้แก่ อุณหภูมิ เวลาที่อยู่ และการผสม

- 1) **อุณหภูมิ** จะต้องการอุณหภูมิต่ำที่สุดที่สามารถจะตั้งต้นและรักษาปฏิกิริยาเคมีไว้ได้
- 2) **เวลาที่อยู่ (resident time)** คือ ช่วงของเวลาที่แก๊สจากการเผาไหม้อยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงในห้องเผาไหม้ โดยปกติวัดเป็นวินาที เวลาที่อยู่นี้ต้องนานเพียงพอที่ทำให้ปฏิกิริยาเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ก่อนที่จะออกจากบริเวณอุณหภูมิสูงนั้น
- 3) **การผสมกันอย่างแปรปรวน** ของสารระเหยกับอากาศในการเผาไหม้ มีผลให้เกิดการผสมที่ศีรษะหว่างออกซิเจนและอินทรีย์สาร ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็น

8.5.2 คาร์บอนคงที่ คือ ส่วนคงที่ที่อยู่ในมูลฝอยที่ไม่ใช่สารระเหย ในส่วนนี้การเผาไหม้จะเป็นปฏิกิริยาการเผาไหม้ของแข็งในห้องเผาไหม้แรก ปัจจัยสำคัญในส่วนนี้ได้แก่ อุณหภูมิของส่วนพื้นห้องเผาไหม้ เวลาพักของของแข็ง และความปั่นป่วนทางกลที่พื้นห้องเผาไหม้

8.5.3 เวลาพักของของแข็ง คือ ช่วงเวลาที่กองมูลฝอยอยู่ในห้องเผาไหม้

8.5.4 ความปั่นป่วนทางกล เป็นความต้องการเพื่อให้ออกซิเจนสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับมูลฝอยได้อย่างทั่วถึงทั้งหมด และถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งถ้าหากปกติจากความปั่นป่วนแล้ว ขี้เถ้าซึ่งเกิดจากการเผาไหม้จะปกคลุมกองมูลฝอยที่ยังไม่ถูกเผาและกันไม่ให้ออกซิเจนที่จำนวนเข้าในสัมผัสกับมูลฝอย

8.6 ปัจจัยในการปฏิบัติงานที่สัมพันธ์กับการเผาไหม้ ปัจจัยในการปฏิบัติงานที่มีผลกระทบต่อการเผาไหม้มีอยู่ 3 ชนิด คือ 1. อากาศในการเผาไหม้ 2. อุณหภูมิการเผาไหม้ และ 3. คุณลักษณะของมูลฝอยซึ่งแต่ละชนิดนี้มีความสัมพันธ์กันทั้งหมด การควบคุมการเผาไหม้ ทำได้โดยการควบคุมปัจจัยดังกล่าว

8.6.1 อากาศในการเผาไหม้ คือ อากาศในบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจน ซึ่งจำเป็นในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงหรือมูลฝอย ปัญหาหลักที่เกี่ยวกับอากาศในการเผาไหม้มีสองข้อคือ 1) ปริมาณที่ต้องการเพื่อให้รักษาปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ 2) ถ้าอากาศในส่วนนี้มากหรือน้อยเกินไปจะส่งผลต่อการเผาไหม้อย่างไร

อากาศในบรรยากาศ เป็นแหล่งของก๊าซออกซิเจนสำหรับการเผาไหม้ ในการคำนวณการเผาไหม้หลายมูลฝอยในเตาเผาส่วนใหญ่จะพิจารณาให้เป็นก๊าซในอุดมคติ ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของก๊าซออกซิเจน ก๊าซไนโตรเจน ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน และก๊าซอื่น ๆ ส่วนประกอบของอากาศจะแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ ของโลกตามระดับความสูงและเวลาที่

แตกต่างกันในแต่ละปีในการคำนวณการเผาไหม้ จะพิจารณาให้อากาศเป็นของผสมของก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจน เท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 องค์ประกอบของอากาศในบรรยากาศ

	โดยน้ำหนัก	โดยปริมาตร
ออกซิเจนในอากาศ	0.2315	0.21
ไนโตรเจนในอากาศ	0.7685	0.79
อากาศต่อออกซิเจน	4.3197	4.7619
อากาศต่อไนโตรเจน	1.3012	1.2658
ออกซิเจนต่อไนโตรเจน	0.3012	0.2658
ไนโตรเจนต่อออกซิเจน	3.3197	3.7619
น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย	28.9414	

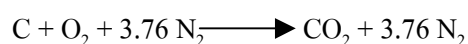
คุณสมบัติของอากาศที่ใช้เป็น ดังนี้

1) การวิเคราะห์เชิงปริมาตรของอากาศแห้ง อากาศ 1 โมล ประกอบด้วย ออกซิเจน 21% หรือ 0.21 โมล หรือ 0.21 กิโลกรัม-โมล และไนโตรเจน 79% หรือ 0.79 โมล หรือ 0.79 กิโลกรัม-โมล

$$0.21 \text{ โมลของ } O_2 + 0.79 \text{ โมลของ } N_2 = 1 \text{ โมลอากาศ หรือ}$$

$$1 \text{ โมลของ } O_2 + 3.76 \text{ โมลของ } N_2 = 4.76 \text{ โมลอากาศ}$$

นั่น คือ ทุก ๆ หนึ่งปริมาตร (โมล) ของออกซิเจนจะสัมพันธ์กับปริมาตร (โมล) ของไนโตรเจน 3.76 เท่า หรือปริมาตรอากาศ 4.76 เท่า ดังนั้นการเผาไหม้คาร์บอนหรือเชื้อเพลิงกับอากาศ จะเป็นดังนี้



2) การวิเคราะห์เชิงมวลของอากาศแห้ง

อากาศ 1 โมลประกอบด้วย ออกซิเจน 0.21 โมล หรือ

0.21 x 32 กิโลกรัมของออกซิเจน และ 0.79 โมล หรือ

0.79 x 28 กิโลกรัมของไนโตรเจน

น้ำหนักโมเลกุลของอากาศ = 0.21 x 32 + 0.79 x 28 = 28.84 กิโลกรัม/กิโลกรัมโมล

นั่นคือ อากาศ 1 กิโลกรัม สามารถแยกได้เป็น

0.23 กิโลกรัมของ O_2 + 0.77 กิโลกรัมของ N_2 = 1 กิโลกรัมอากาศ หรือ

1 กิโลกรัมของ O_2 + 3.35 กิโลกรัมของ N_2 = 4.35 กิโลกรัม

นั่นคือ ทุก ๆ หนึ่งกิโลกรัมของออกซิเจนจะสัมพันธ์กับมวลไนโตรเจน 3.35 กิโลกรัม หรือ อากาศ 4.35 กิโลกรัม

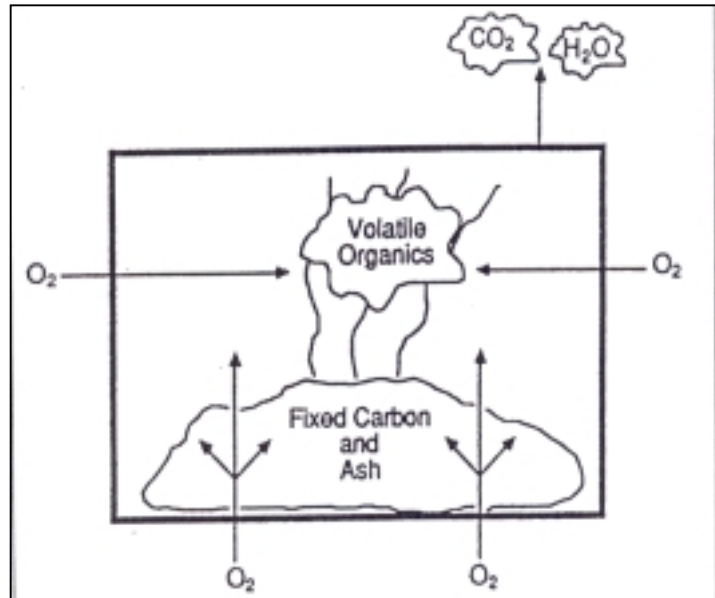
ปริมาตรอากาศมาตรฐานสำหรับก๊าซใดที่สภาวะอ้างอิงมาตรฐาน (ที่อุณหภูมิศูนย์องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ มีปริมาตร 22.41 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม-โมล

$$\begin{aligned} 3) \text{ ความหนาแน่นของอากาศ} &= \text{น้ำหนักต่อปริมาตร} \\ &= 28.84/22.41 \\ &= 1.29 \text{ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรมาตรฐาน} \end{aligned}$$

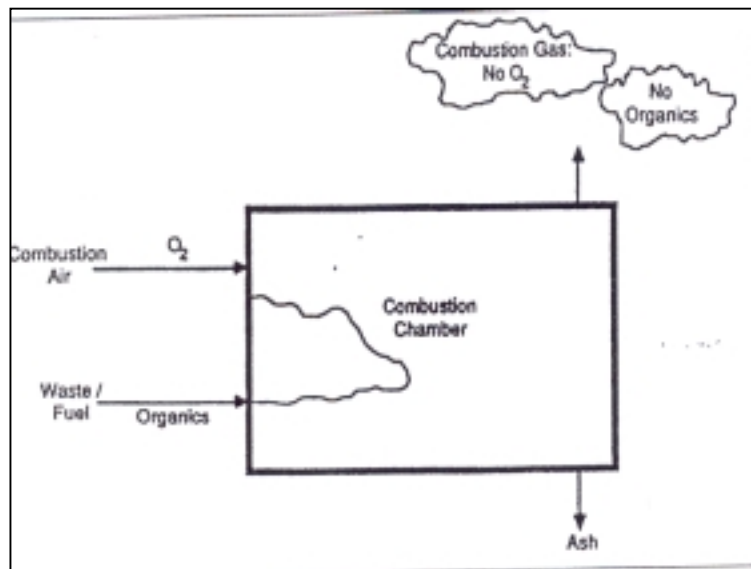
ในปฏิกิริยาการเผาไหม้สารอินทรีย์ หรือเชื้อเพลิงกับอากาศ ปริมาตรของออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศตามสภาวะอุดมคติหรือโดยสมบูรณ์สำหรับการเผาไหม้สารอินทรีย์สารเพื่อทำให้ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) โดยไม่มีออกซิเจนเหลือออกมาเท่ากับก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้เรียกว่าระดับออกซิเจนตามทฤษฎี หรือ Stoichiometric (ภาพที่ 2.6 (ก) และ 2.6 (ข)) และเรียกว่าเป็นสภาวะการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และปริมาณอากาศในการเผาไหม้เรียกว่า เป็นระดับอากาศที่ stoichiometric (ภาพที่ 2.7) ที่สภาวะการเผาไหม้จะใช้ปริมาณอากาศตามทฤษฎี (Theoretical air) เท่ากับร้อยละ 100 ปริมาณอากาศที่เกินกว่าที่ต้องการตามทฤษฎี หรือมากกว่าระดับ stoichiometric นี้เรียกว่าเป็นระดับปริมาณอากาศส่วนเกินหรือ Excess Air (ภาพที่ 2.8) และปริมาณอากาศที่น้อยกว่าระดับ stoichiometric จะเรียกว่าเป็น ระดับปริมาณอากาศจำกัด หรือ Deficient air หรือ Substoichiometric starved air (ภาพที่ 2.9) โดยปกติการเผาเชื้อเพลิงแข็ง หรือ กากตะกอนใน เตาเผาแบบหลายห้องเผาไหม้จะทำงานที่ระดับอากาศมากกว่า Stoichiometric ในปริมาณร้อยละ 100 ถึง 200 หรือ 1 ถึง 2 เท่าของปริมาณอากาศตามทฤษฎีอากาศส่วนเกินนี้ถูกใช้เพื่อให้มีออกซิเจนเพียงพอต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

การคำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการตามทฤษฎี หรือ Stoichiometric air อย่างถูกต้องแม่นยำนั้นกระทำได้ยาก เนื่องจากขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอย และเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามปริมาณอากาศที่ Stoichiometric สามารถประมาณได้จากพลังงานที่ให้แก่เตาเผา (Energy input หรือ Heat input) โดยปริมาณความร้อนที่ให้ (Heat input) คือ ปริมาณพลังงานที่ปลดปล่อยขยะมูลฝอย หรือเชื้อเพลิงถูกเผา ซึ่งวัดได้เป็นหน่วยกิโลจูล (KJ) หรือบีทียู (Btu's: British thermal units) เตาเผาโดยทั่วไปใช้อากาศในการเผาไหม้ 1 ลูกบาศก์เมตรมาตรฐาน ต่อปริมาณ

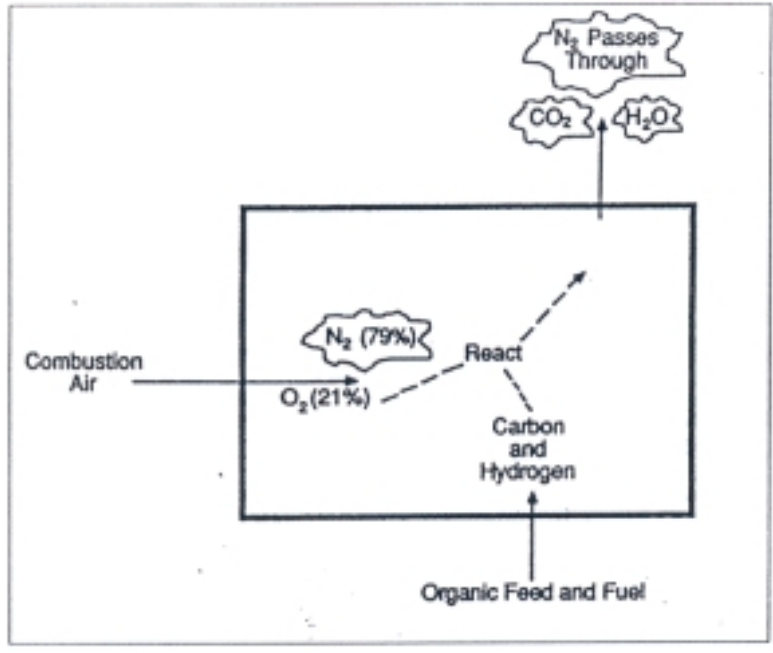
ความร้อน 3,725.64 กิโลจูล (1 ลูกบาศก์ฟุตมาตรฐาน ต่อปริมาณความร้อน 100 บีทียู) (C.C. Lee, 1990)



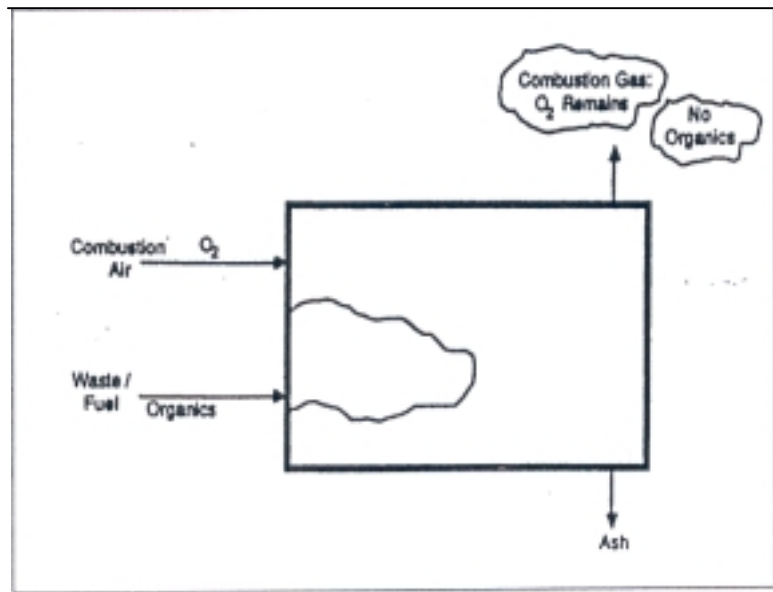
ภาพที่ 2.6 (ก) ปฏิกิริยาของออกซิเจน



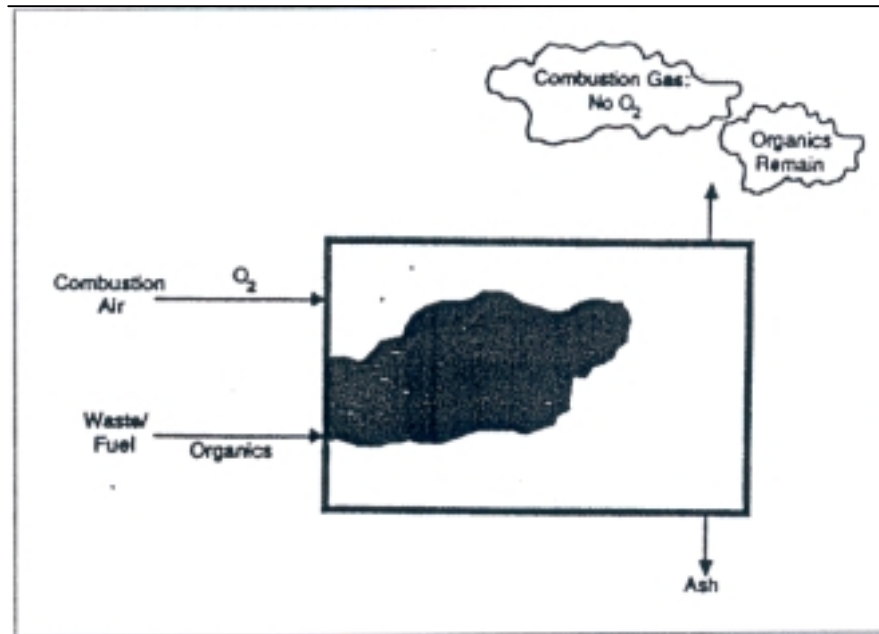
ภาพที่ 2.6 (ข) ระดับของออกซิเจนที่พอดี (Stoichiometric)



ภาพที่ 2.7 ระดับของอากาศที่พอดี (Stoichiometric)



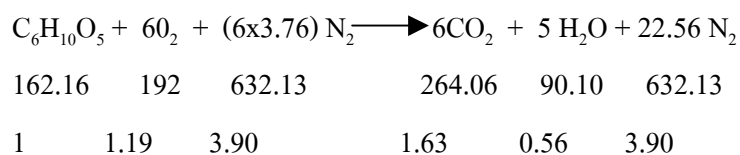
ภาพที่ 2.8 การเผาไหม้แบบอากาศส่วนเกิน (Excess air)



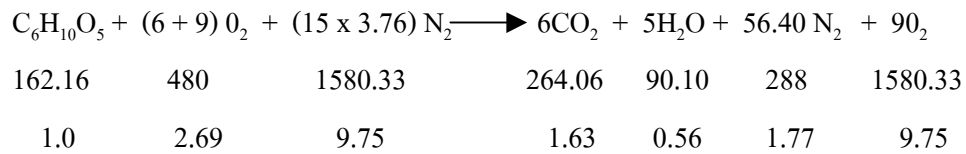
ภาพที่ 2.9 การเผาไหม้แบบจำกัดอากาศ (Starved air)

การคำนวณอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น การเผากระดาษซึ่งจัดอยู่ในพวก Cellulose ($C_6H_{10}O_5$)_n การคำนวณอากาศส่วนเกินต้องพิจารณาออกซิเจนที่มีอยู่แล้วในเชื้อเพลิงด้วย

4) การเผาไหม้ที่สภาวะ stoichiometric



ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการที่ Stoichiometric เท่ากับ 1.19 กิโลกรัมต่อการเผา $C_6H_{10}O_5$ 1 กิโลกรัม หรือคิดจำนวนโมลเท่ากับ 6 โมล O_2 ต่อ 1 โมล $C_6H_{10}O_5$ ดังนั้นหากเผาโดยใช้อากาศส่วนเกินร้อยละ 150 หมายถึงต้องเพิ่มออกซิเจนที่ใช้ในการเผาเข้าไปอีกเท่ากับ 1.5×6 เท่ากับ 9 โมล ดังนั้น สมการการเผาไหม้เมื่อมีอากาศส่วนเกินจึงกลายเป็น



ตารางที่ 2.15 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักสารต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในระหว่างการเผาไหม้ที่เป็นไปตามทฤษฎีและเมื่อใช้อากาศส่วนเกินร้อยละ 150 จะพบว่าปริมาณที่มีการเปลี่ยนแปลง คือ ปริมาณอากาศ ไนโตรเจน และออกซิเจนส่วนเกิน ในขณะที่คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

ตารางที่ 2.15 การเผาไหม้ Cellulose ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n โดยใช้อากาศส่วนเกิน

สาร	การเผาไหม้ตามทฤษฎี	การเผาไหม้ด้วยอากาศส่วนเกินร้อยละ
$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$	1.0	1.0
AIR	5.09	12.44
CO_2	1.63	1.63
H_2O	0.56	0.56
N_2	3.90	9.75
O_2 (excess)	0	9.75

ที่มา : สมรัฐ เกิดสุวรรณ เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย ศูนย์วิจัยการเผากากของเสีย ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2544

อุณหภูมิการเผาไหม้สูงสุดมักจะเกิดขึ้นที่สภาวะ Stoichiometric ในขณะที่ปริมาณอากาศเพิ่มมากขึ้นกว่าจุดที่ Stoichiometric อุณหภูมิในเตาเผาจะลดลงเนื่องจากพลังงานส่วนหนึ่งถูกใช้ในการให้ความร้อนแก่อากาศนั้น และถ้าปริมาณอากาศในการเผาไหม้มากเกินไป อุณหภูมิจะลดลงต่ำกว่า “อุณหภูมิสำหรับการเผาไหม้ที่ดี” และจะเกิดผลิตภัณฑ์มลพิษจากการเผาไหม้ อันเนื่องมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยในขณะที่ปริมาณอากาศส่วนเกินลดลงนั้น อุณหภูมิการเผาไหม้จะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งสูงสุดที่จุด Stoichiometric และที่สภาวะต่ำกว่าจุด Stoichiometric จะทำให้อุณหภูมิในเตาเผาจะลดลงเนื่องจากไม่สามารถเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ความสัมพันธ์ระหว่าง

อุณหภูมิการเผาไหม้และอากาศส่วนเกินแสดงได้ดังในภาพที่ 2.7 และภาพที่ 2.8 โดยที่สภาวะต่ำกว่า stoichiometric จะมีอินทรีย์สารที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาและเป็นส่วนที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดมลภาวะ

ถ้าเตาเผาทำงานที่สภาวะอากาศส่วนเกินจะมีออกซิเจนบางส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยาในการเพิ่มอากาศส่วนเกิน ก็จะเป็นผลให้ปริมาณออกซิเจนในการเผาไหม้เพิ่มขึ้น ดังนั้นความเข้มข้นของออกซิเจนในก๊าซจากการเผาไหม้สามารถชี้แสดงถึงระดับอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ และใช้ตรวจสอบกระบวนการเผาไหม้

8.6.2 อุณหภูมิการเผาไหม้ ข้อกำหนดหรือกฎหลักที่สำคัญของการเผาไหม้มูลฝอยอินทรีย์ คือ อุณหภูมิ การมีอุณหภูมิที่สูงเกินไป อาจทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดการหลอมเหลวของขี้เถ้า และสร้างความเสียหายแก่วัสดุทนไฟ ดังนั้นควรมีการควบคุมระดับของอุณหภูมิทั้งชนิดจำกัดบน และชนิดจำกัดล่าง

8.6.3 คุณลักษณะของขยะมูลฝอย คุณลักษณะเบื้องต้นของขยะมูลฝอยที่มีผลต่อปฏิกิริยาการเผาไหม้ คือ 1. ความร้อน 2. ปริมาณคลอรีน 3. องค์ประกอบสุดท้าย และ 4. ปริมาณความชื้น

ค่าความร้อน ค่าความร้อนของมูลฝอย คือ ปริมาณที่แสดงถึงขนาดของพลังงานที่ปลดปล่อยเมื่อมูลฝอยถูกเผาซึ่งวัดได้เป็นหน่วยกิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/kg) หรือ บีทียู (Btu's; British thermal Units) (2.324 กิโลจูลต่อกิโลกรัม = 1 บีทียูต่อปอนด์) โดยทั่วไปต้องใช้ค่าความร้อนประมาณ 12,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัม (5,000 บีทียูต่อปอนด์) หรือมากกว่าในการรักษาปฏิกิริยาการเผาไหม้ มูลฝอยที่มีค่าความร้อนต่ำกว่านี้ก็สามารถทำการเผาได้โดยจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงช่วยในการรักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ และค่าความร้อนของมูลฝอยใช้สำหรับการคำนวณปริมาณความร้อนที่ต้องให้ทั้งหมด (Total heat Input) แก่เตาเผา

$$\text{Heat Input (Btu/hr)} = \text{Feed Rate (lb/kg)} \times \text{Heating value (Btu/kg)}$$

$$\text{ปริมาณความร้อนที่ให้} = \text{อัตราป้อนมูลฝอย} \times \text{ค่าความร้อนของมูลฝอย}$$

เตาเผามูลฝอยเป็นระบบทางความร้อนซึ่งถูกออกแบบมาให้ทำงานที่ระดับความร้อนป้อนเข้าค่าหนึ่ง (Heat input) (kcal/kg หรือ Btu/lb) หากต้องการให้เตาเผาทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด อัตราการป้อนเข้าเตาเผาควรมีค่าคงที่หรือใกล้เคียงกับค่าสูงสุดที่ออกแบบไว้ ยิ่งไปกว่านั้น ค่าความร้อนป้อนเข้าเตาทั้งหมดควรมาจากมูลฝอยเองโดยให้ใช้เชื้อเพลิงเสริมน้อยที่สุดหรือไม่ใช้เลย ลักษณะของมูลฝอย เช่น ค่าความร้อน และค่าความชื้นของมูลฝอยที่จะป้อนเข้าเตาเป็นพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการควบคุมให้เกิดสภาวะการเผาไหม้ที่ดีได้โดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงเสริม

องค์ประกอบต่าง ๆ ของมูลฝอยมีค่าความร้อน ความชื้น และความหนาแน่นที่ หลากหลาย ตั้งแต่ค่าความร้อนต่ำสุด 3,400 kJ/kg (1500 Btu/lb) เช่น ชิ้นส่วนโลหะ แก้ว หรือ มูลฝอยที่มีความชื้นสูงจนถึงมูลฝอยที่มีค่าความร้อนสูงประมาณ 40,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัม (20,000 บีทียูต่อปอนด์) เช่น มูลฝอยที่มีองค์ประกอบของพลาสติก ค่าความร้อนเฉลี่ยของมูลฝอย จึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของมูลฝอยเป็นสำคัญ (ตารางที่ 2.16) ได้แก่

1) *ค่าความร้อนค่าสูง (Gross or High heating value HHV)* คือ ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ขยะภายใต้สภาวะที่ไอน้ำในก๊าซจากการเผาไหม้อยู่ในสถานะของเหลว ทั้งนี้ เชื้อเพลิง ที่มีธาตุไฮโดรเจนเป็น องค์ประกอบจะต้องได้น้ำเป็นผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ และที่ความดัน บรรยากาศ ความดันย่อยของไอน้ำในก๊าซจากการเผาไหม้ จะส่งผลให้เกิดความควบแน่นหยดน้ำ เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่าประมาณ 48-60 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีการปลดปล่อยความร้อนของการ กลายเป็นไอ (Heat of Vaporization) ออกมา และค่าความร้อนค่าสูงบางครั้งหมายถึงค่าความร้อน รวม (Gross Heating Value) ด้วย

2) *ค่าความร้อนค่าต่ำ (Net or Lower heating value LHV)* คือ ค่าความร้อนที่ได้จากการ เผาไหม้ขยะ ภายใต้สภาวะที่ไอน้ำในก๊าซจากการเผาไหม้ไม่ได้ควบแน่นไปอยู่ในสถานะของเหลว ค่าความร้อนที่บางครั้งเรียกว่า ค่าความร้อนสุทธิ (Net Heating value)

3) *ปริมาณคลอรีน* คลอรีนที่อยู่ในพลาสติกหรือสารละลายในขยะจะทำปฏิกิริยากับ ไฮโดรเจนเกิดเป็นก๊าซที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น HCl ซึ่งจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ดักจับเพื่อกำจัดออกจาก ก๊าซที่จะปล่อยออกสู่อากาศ ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นสาเหตุของการเกิดมลพิษ และการกัดกร่อนของชิ้น ส่วนเตาเผา หรือรวมตัวกันเกิด polycyclic organic material เช่น dioxins และ furans

4) *องค์ประกอบดั้งเดิม* คือ ธาตุทางเคมีใน ส่วนประกอบทั้งหมด เช่น คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ไฮโดรเจน (H) คลอรีน (Cl) ซัลเฟอร์ (S) ใช้เป็นข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ของ (1) ปริมาณอากาศในการเผาไหม้ที่ต้องการ (2) ปริมาณเถ้าที่จะเกิดขึ้นจากการเผา ดังตารางที่ 2.17

5) *ปริมาณความชื้น* ในขณะที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้สูงขึ้น ความชื้นจะระเหยออกจาก มูลฝอย ซึ่งความชื้นนี้จะอยู่ในรูปไอน้ำ และไหลพร้อมกับกระแสก๊าซผ่านเตาเผาออกไปโดย ไม่เปลี่ยนแปลง การระเหยความชื้นนี้มีการใช้พลังงาน และทำให้อุณหภูมิจากห้องเผาไหม้ลดลง นอกจากนี้ยังทำให้อัตราการไหลของก๊าซสูงขึ้นมีผลให้เวลาที่อยู่ในห้องเผาลดลง

ตารางที่ 2.16 ลักษณะสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อ

ส่วนประกอบ	HHV (แห้ง) kJ/kg	ความหนาแน่น ขณะเผา (kg/m ³)	ความชื้นโดย น้ำหนัก (%)	ค่าความร้อน ขณะเผา (kJ/kg)
ชิ้นส่วนร่างกายมนุษย์	18,600 – 27,900	800 – 1,200	70 – 90	1,860 – 6,370
พลาสติก	32,500 – 46,500	80 – 2,300	0 – 1	32,300 – 46,500
ผ้าชุบน้ำยา	18,600 – 27,900	80-1,000	0 – 30	13,000 – 27,900
อัลกอฮอล์	25,500 – 32,500	800 – 1,000	0 – 0.2	25,500 – 32,500
สัตว์ที่ติดเชื้อ	20,900 – 37,100	500 – 1,300	60 – 90	2,090 – 14,900
แก้ว	0	2,800 – 3,600	0	0
ฟูก เศษโขน กระดาษ	18,600 – 20,900	320 – 730	10 – 50	9,300 – 18,800
อุจจาระ				
ผ้ากอส ถ้ำลี ผ้าพันแผล	18,600 – 27,900	80 – 1,000	0 – 30	13,000 – 27,900
พลาสติก PVC สลิงค์	22,500 – 46,500	80 – 2,300	0 – 1	22,300 – 46,500
วัสดุไม้มก เข็ม	140	7,200 – 8,000	0 – 1	140
ของเหลว น้ำเหลือง	0 – 23,200	990 – 1,010	80 - 100	0 – 4,640

ที่มา : สมรัฐ เกิดสุวรรณ ณพร บุญมี *คู่มือปฏิบัติงานและบำรุงรักษาเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ 2542

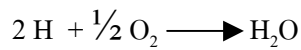
ตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 (ต่อ)

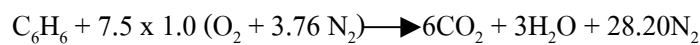
8.7 การเผาไหม้และการเผาทำลายที่สมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้เป็นผลมาจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิดบางชนิดตรวจวัดได้ยาก ในการเผาทำลายแบบอุดมคติ สารตั้งต้นทุกชนิดของการเผาไหม้จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปสารเสถียรของน้ำ (H₂O) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) หรือสารอื่น ๆ

การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ คือ กระบวนการเผาไหม้ที่ธาตุคาร์บอน (C) และธาตุไฮโดรเจน (H) ทั้งหมดเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นน้ำ (H₂O) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในสภาวะ stoichiometric หรืออากาศในการเผาไหม้ 100% เท่านั้น ภาพที่ 2.10

สมการการเผาไหม้คาร์บอน และไฮโดรเจน แสดงได้ดังนี้



ตัวอย่างของปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของ Benzene ที่สภาวะ stoichiometric เป็นดังนี้



อุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่างการเผาไหม้ สามารถหาได้โดยการเปลี่ยนพลังงานเคมีที่มีอยู่ในสารตั้งต้นทั้งหมดเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งธาตุคาร์บอน และธาตุไฮโดรเจนทั้งหมดในระบบของการเผาไหม้จะถูกออกซิไดส์อย่างสมบูรณ์ เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และน้ำ (H₂O)

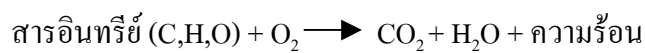
การเผาทำลายที่สมบูรณ์ คือ กระบวนการซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ของมูลฝอย แปรเปลี่ยนสภาพทั้งโครงสร้างทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี โดยตั้งสมมติฐานให้เกิดปฏิกิริยาการเผาทำลาย มูลฝอยใกล้เคียงกับสภาพการเผาไหม้ภายในเตาให้มากที่สุด และเพื่อให้เปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ที่มีพิษน้อยที่สุดดังแสดงในตารางที่ 2.18

ตารางที่ 2.18 ลักษณะปฏิกิริยาการเผาทำลายที่สมบูรณ์

องค์ประกอบของมูลฝอย	ผลิตภัณฑ์
ไฮโดรเจน (H)	น้ำ (H ₂ O)
คาร์บอน (C)	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)
คลอไรด์ (Cl)	กรดไฮโดรคลอริก (HCl) หรือคลอรีน (Cl ₂)
ฟลูออไรด์ (F)	กรดไฮโดรฟลูออริก (HF) หรือฟลูออรีน (F ₂)
ไนโตรเจน (N)	ก๊าซไนโตรเจน (N ₂)
ซัลเฟอร์ (S)	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)
โลหะอัลคาไลน์	ไฮดรอกไซด์ของโลหะ
โซเดียม (Na)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
โปแตสเซียม (K)	โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)
โลหะที่ไม่เป็นอัลคาไลน์	ออกไซด์โลหะ
ทองแดง (Cu)	คอปเปอร์ (II) ออกไซด์ (CuO)
เหล็ก (Fe)	ไอออน (III) ออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)

ที่มา : สมรัฐ เกิดสุวรรณ *เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย* ศูนย์วิจัยการเผากากของเสีย ภาควิชา
วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ 2544

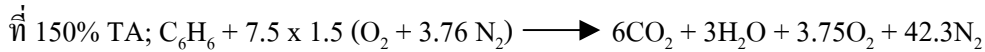
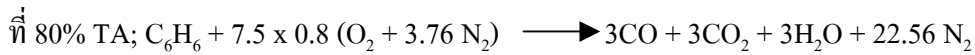
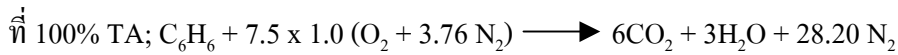
วัสดุที่เป็นอินทรีย์สารทุกชนิดทั้งในขยะมูลฝอย และเชื้อเพลิง มีองค์ประกอบพื้นฐานหลัก
มาจากธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ซึ่งเมื่อเกิดการเผาทำลายแบบอุดมคติ สารเหล่านี้ทำ
ปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ แสดงด้วยสมการดังนี้



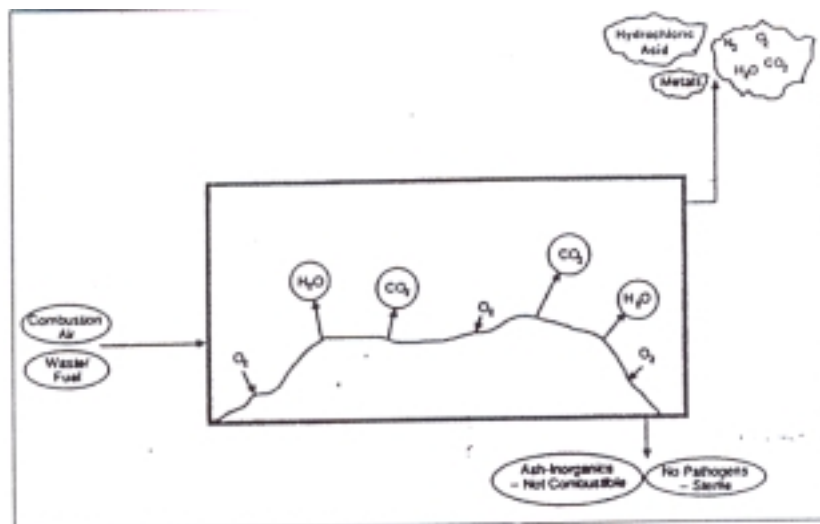
ปฏิกิริยาที่เกิดเป็นการเผาทำลายแบบอุดมคติ ซึ่งในทางปฏิบัติจริงจะไม่ใช่ไปตามอุดมคติ
โดยจะเกิดเป็นปฏิกิริยาการเผาทำลายที่ไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้ตัวแปรสำคัญได้แก่ การผสมกันที่ไม่
เหมาะสม ทำให้อาจมีอากาศในการเผาไหม้มาก หรือน้อยเกินไป หรืออุณหภูมิเผาต่ำ หรืออื่น ๆ
ภายใต้สภาวะดังกล่าวนี้ จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจากการเผาไหม้ (Combustion by-product,
PCBs) ซึ่งจะพบในเถ้าหรือถูกปล่อยออกทางปล่องควัน โดยก๊าซ PCBs ที่ปล่อยออกทางปล่อง คือ
ผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (Products of incomplete combustion, PICs) และ PICs ที่

สำคัญที่สุดคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดยมีปริมาณความเข้มข้นสูงขึ้นแปรตามสภาวะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ PICs อีกชนิดหนึ่งที่พบเมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ คือ เขม่า (soot) ซึ่งได้แก่อนุภาคของคาร์บอนที่มีความละเอียดมากและเป็นสาเหตุของควันดำที่ปลายปล่อง PICs ชนิดอื่น ๆ ที่มีผลต่อสุขภาพอนามัย คือ ไดออกซิน (Dioxin) และฟูแรนซ์ (Furan) รวมทั้งสารอินทรีย์อันตรายต่าง ๆ

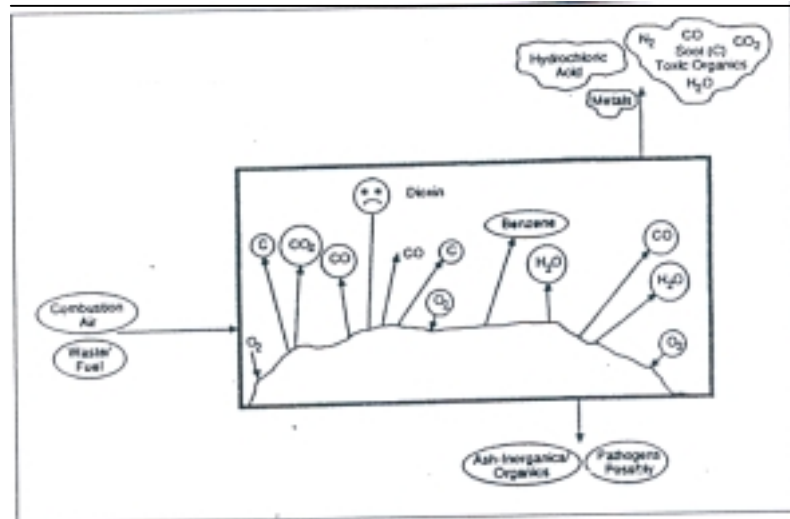
ตัวอย่างปฏิกิริยาแสดงการเผาเบนซิน (C_6H_6) ที่ใช้อากาศเป็นไปตามทฤษฎี (100% TA) ซึ่งเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และการใช้อากาศที่ 80% TA และ 150% TA ซึ่งเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และเกิดผลิตภัณฑ์อื่น ๆ นอกเหนือจาก CO_2 , H_2O และ N_2



ผลิตภัณฑ์หลักจากการเผาทำลายมูลฝอยทั่วไปทั้งในรูปแบบการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ได้แก่ ก๊าซจากการเผาไหม้ ของแข็งที่เหลืออยู่หรือขี้เถ้า และพลังงาน ในการออกแบบระบบเตาเผามีจุดมุ่งหมายในการปฏิบัติงานเตาเผา คือ (1) การให้ก๊าซจากการเผาไหม้มี PICs ให้น้อยที่สุด (2) ให้ พลังงานที่ได้ถูกนำกลับมาใช้ และ (3) เพื่อให้เถ้าที่เหลืออยู่ปราศจากเชื้อหรือซากที่ แสดงว่าเป็นมูลฝอย ดังแสดงในภาพที่ 2.10 และ ภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.10 แสดงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์



ภาพที่ 2.11 แสดงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

9. ระบบเตาเผาขยะมูลฝอย

เตาเผาขยะมูลฝอยเป็นอุปกรณ์ที่ประยุกต์หลักการเผาไหม้ในการทำลายขยะมูลฝอยที่เข้าไปในเตาเผาภายใต้อุณหภูมิสูง ความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการเผาไหม้ส่วนหนึ่ง จะเก็บสะสมไว้ในผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ ในห้องเผาไหม้และบางส่วนถ่ายเทโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนไปยังผนังเตาเผาขยะมูลฝอย และไปยังขยะมูลฝอยที่เข้าเผาไหม้ ทำให้มีความร้อนสูงเพียงพอที่จะเกิดลุกติดไฟ

ในการออกแบบเตาเผาขยะมูลฝอย จะต้องคำนึงถึงลักษณะของห้องเผาไหม้และควรแยกออกเป็นสองห้องเผาไหม้ ห้องเผาไหม้ที่ 1 สำหรับเผาขยะมูลฝอย จะต้องมีความสัมพันธ์กับห้องเผาไหม้ที่ 2 เพื่อกำจัดสารระเหยที่เป็นก๊าซพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ที่ 1 เพื่อเผาไหม้อีกครั้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น เป็นการทำงานลักษณะ After burner

หลักการออกแบบเตาเผาขยะมูลฝอยจะต้องคำนึงถึงการเผาไหม้แบบ 3T เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ คือ

T-Time เวลาที่สารเข้าทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ และผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่ในห้องเผาไหม้ต้องนานเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ Time จึงใช้เป็นข้อคำนึงถึงในการกำหนดขนาดและปริมาตรของห้องเผาไหม้ของเตาเผาขยะมูลฝอย ฉะนั้นการออกแบบเตาเผา

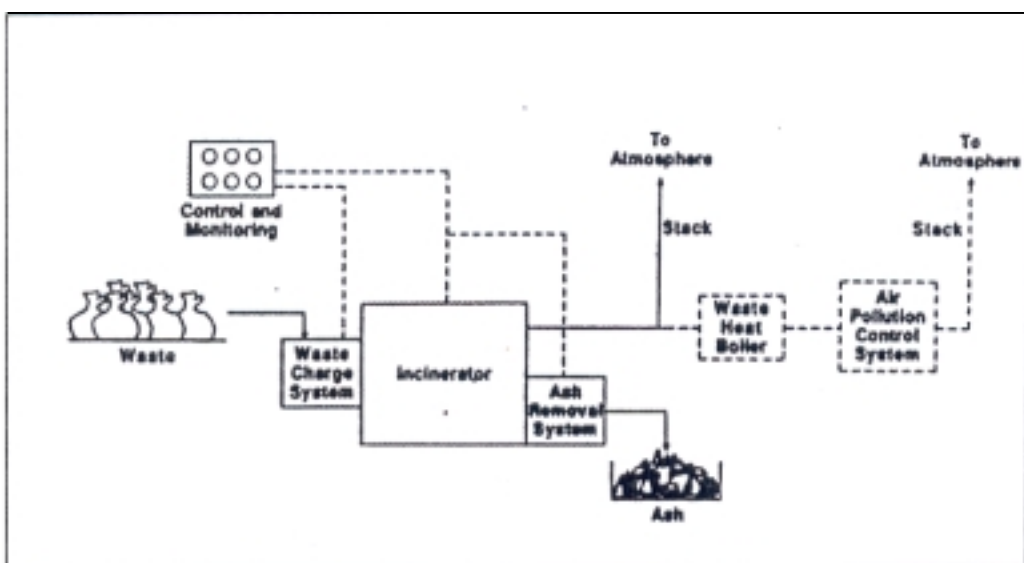
ขยะจึงนิยามวางรูปแบบห้องเผาที่ติดจาก after burner ให้ใหญ่เพียงพอและมีความสัมพันธ์กัน เพื่อต้องการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของทั้งตัวขยะมูลฝอยเองและก๊าซระเหิดที่เกิดขึ้น

T-Temperature อุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่ต้องพิจารณาถึงความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในเตาจะต้องสูงเพียงพอและจะอยู่ในระดับคงที่ ที่จะทำให้การเผาไหม้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง มิฉะนั้นจะต้องมีการจ่ายเชื้อเพลิงเสริม เช่น จากหัวเผาเพื่อให้เตาเผามีอุณหภูมิสูงเพียงพอ โดยเฉพาะเมื่อทำการเผาขยะมูลฝอยที่มีความชื้นสูง และมีค่าความร้อนต่ำสำหรับอุณหภูมิของ after burner จะสูงกว่า 800 องศาเซลเซียสจะกำจัดกลิ่นและควันให้หมดสิ้น

T-Turbulence เป็นการไหลอลวนในห้องเผาไหม้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบของห้องเผาไหม้ และช่องอากาศต่าง ๆ ที่ให้ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ และออกซิเจนในอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ อยู่ในระดับที่สูงเพียงพอ เพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยาแล้วเปลี่ยนสภาพกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ Turbulence ในห้องเผาไหม้สามารถทำให้เกิดขึ้นได้โดยการออกแบบทิศทางการไหลของก๊าซในห้องเผาไหม้ในรูปแบบต่าง ๆ

ระบบเตาเผาขยะมูลฝอย จะประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- เตาเผาขยะมูลฝอย
- ระบบการป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผา
- ระบบการถ่ายจี้เถ้า
- ระบบการตรวจวัดและ
- ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ



ภาพที่ 2.12 แสดงองค์ประกอบระบบเตาเผาขยะมูลฝอย

9.1 เตาเผามูลฝอยแบบควบคุมอากาศ (Controlled-Air Incinerator) เตาเผาแบบควบคุมอากาศ ได้มีการพัฒนานำมาใช้เพื่อการเผาทำลายมูลฝอยชุมชน มูลฝอยอุตสาหกรรม และมูลฝอยติดเชื้อ เป็นเตาเผาที่มีข้อได้เปรียบคือสามารถเผามูลฝอยที่มีองค์ประกอบที่หลากหลาย และการเผาไหม้ใน ภาชนะของแข็ง และภาชนะของก๊าซมีการแยกการเผาไหม้อย่างอิสระต่อกัน ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิการเผาไหม้ได้ตามต้องการ ระบบเตาเผาที่มีการทำงานที่แบ่งออกเป็นห้องเผาไหม้สองห้องต่อกันเป็นอนุกรม ห้องเผาไหม้แรกทำงานที่สภาวะ Sub-stoichiometric ซึ่งเป็นการเผาไหม้ที่ใช้ปริมาณอากาศ ต่ำกว่าปริมาณอากาศที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์หรือตามทฤษฎี ขนาดการออกแบบของ เตาเผาประเภทที่มีช่วงระหว่างการเผา 20 กิโลกรัม ต่อชั่วโมง ถึงการเผา 1,800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (C.C.Lee 1990) และสามารถควบคุมปริมาณอากาศด้วยมือหรือแบบอัตโนมัติ

ในปัจจุบันเตาเผาขยะมูลฝอยที่มีอยู่ในประเทศไทยได้ออกแบบและจัดสร้างส่วนมากจะเป็นแบบ Multiple chamber ที่มีห้องเผา 2 ห้อง คือ ห้องใหญ่เป็นห้องเผาขยะและห้องเล็กเป็นห้องเผาก๊าซเสียก่อนปล่อยออกสู่อากาศภายนอกมีอัตราการเผาไหม้ ตั้งแต่ 50, 100, 200 และ 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

องค์ประกอบของเตาเผาขยะมูลฝอยแบบควบคุมอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 2.13 ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

9.1.1 ประตูถ่ายขี้เถ้า เป็นประตูที่ใช้นำเอาขี้เถ้าจากการเผา (Ash Removal Door) ออกจากห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง

9.1.2 ประตูป้อนมูลฝอย (Mechanical charge system) เป็นประตูที่ใช้ในการป้อนขยะเข้าเตา

9.1.3 ตู้ควบคุม (Control Panel) เป็นส่วนติดตั้งระบบควบคุม และแสดงผลค่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้

9.1.4 ช่องไฟ เป็นส่วนรอยต่อสั้น ๆ ระหว่างห้องเผาไหม้ทั้งสองของเตาเผาแบบควบคุมอากาศ

9.1.5 ช่องป้อนอากาศหลัก (Secondary combustion air brower) เป็นส่วนป้อนอากาศเข้าห้องเผาไหม้ที่สอง โดยมีปริมาณอากาศเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ของอากาศในการเผาไหม้ทั้งหมด หรือประมาณสามเท่าของอากาศที่ป้อนเข้าห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง

9.1.6 หัวเผาไหม้ที่หนึ่ง (Primary burner) เป็นหัวเผาสำหรับอุ่นห้องเผาไหม้ จุดขยะให้ลุกติดไฟ และรักษาอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง

9.1.7 **ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง (primary chamber)** เป็นห้องเผาไหม้ที่รับขยะที่ต้องการเผาทำงานด้วยกระบวนการกำจัดอากาศ (Starved-air)

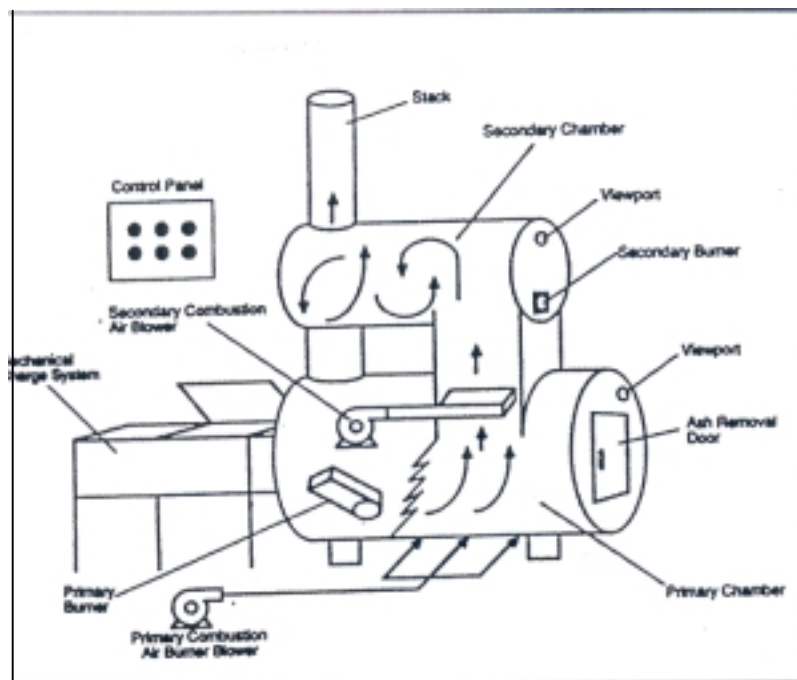
9.1.8 **หัวเผาไหม้ที่สอง (Secondary burner)** เป็นหัวเผาสำหรับรักษาอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองให้สูงตามต้องการ

9.1.9 **ห้องเผาไหม้ที่สอง (Secondary chamber)** เป็นห้องเผาไหม้ที่เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของสารระเหยจากขยะทำงานด้วยกระบวนการอากาศส่วนเกิน (Excess-air)

9.1.10 **ปล่องระบาย (Stack)** ใช้ระบายก๊าซจากการเผาไหม้ออกสู่บรรยากาศด้วยการเหนี่ยวนำทางธรรมชาติ (Natural Draft) เนื่องจากก๊าซจากการเผาไหม้อุณหภูมิสูง

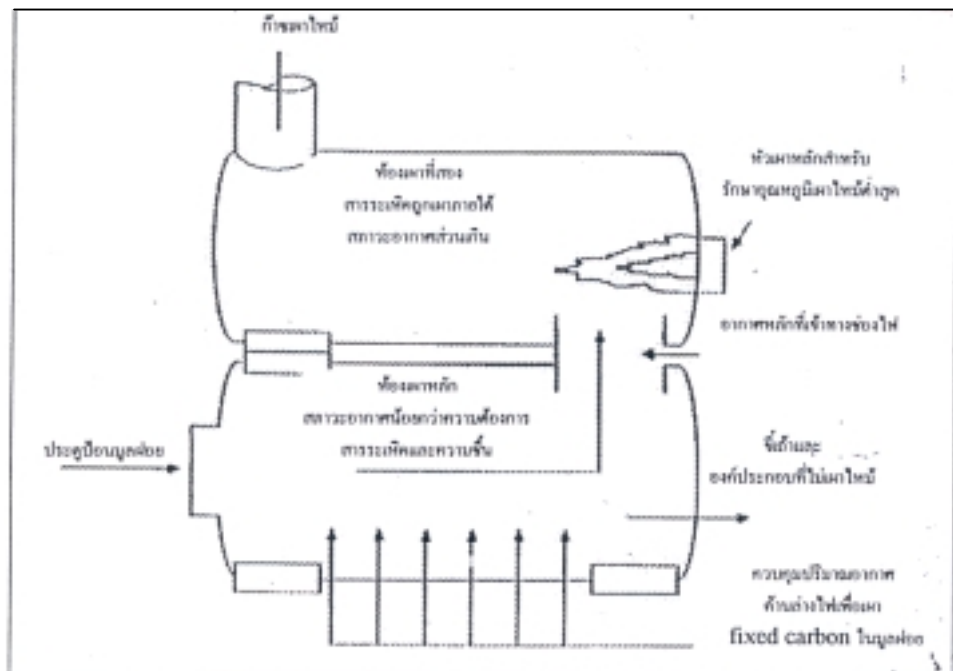
9.1.11 **อากาศใต้เปลวไฟ** เป็นอากาศที่ป้อนเข้าห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง บริเวณใต้ฐาน เพื่อช่วยในการเผาไหม้กองขยะ

9.1.12 **ช่องสังเกต (Viewport)** สำหรับใช้สังเกตลักษณะการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้



ภาพที่ 2.13 แสดงองค์ประกอบของเตาเผาแบบควบคุมอากาศ

หลักการของเตาเผาผลยอบแบบควบคุมอากาศ ได้แบ่งการเผาไหม้ออกเป็นสองส่วนใน ห้องเผาไหม้สองห้อง ดังแสดงในภาพที่ 2.14 ห้องเผาไหม้แรกเป็นห้องที่รับมวลผลยอบ้อนเข้ามา หัวเผาสำหรับห้องเผาไหม้แรกทำหน้าที่จุดไฟเริ่มการเผาไหม้ อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้สำหรับ ห้องเผาไหม้แรกนี้ จะถูกควบคุม (Controlled-air) การเผาไหม้ให้ต่ำกว่าปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ เพื่อการเผาไหม้สมบูรณ์ตามทฤษฎีหรือ ต่ำกว่าส่วนผสมที่ stoichiometric ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการเผาไหม้ในห้องเผาแรก จึงอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (CO , H_2) ก๊าซเหล่านี้ จะไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่สอง ซึ่งมีการเผาไหม้ซ้ำอีกครั้ง ซึ่งอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ได้รับการ ปรับเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ในปริมาณที่มากกว่าที่ต้องการตามทฤษฎีหรือการเผาไหม้แบบ Excess air และฉีดเข้าไปห้องเพื่อให้เกิดการไหลแบบอลวนช่วยให้เกิดการผสมกันกับก๊าซเผาไหม้ภายใน อุณหภูมิสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (CO_2 , H_2O) ก่อนไหลออกจากห้อง เผาไหม้ที่สอง



ภาพที่ 2.14 แผนภาพแสดงการทำงานของเตาเผาแบบควบคุมอากาศ

10. ระบบควบคุมมลพิษอากาศสำหรับเตาเผาขยะมูลฝอย

วัตถุประสงค์หลักของการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษอากาศสำหรับระบบเตาเผาขยะมูลฝอยนั้น เพื่อดักจับสารมลพิษที่ปนเปื้อนมากับก๊าซให้มีปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดสำหรับสารมลพิษเหล่านั้น ซึ่งได้แก่ อนุภาคมลสาร (Particulate matter) โลหะที่เป็นพิษ (Toxic Metals) อินทรีย์สารที่เป็นพิษ (Toxic organics) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซที่มีฤทธิ์เป็นกรด (Acid gases) เช่น ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) อัตราการปลดปล่อยมลพิษ เหล่านี้สามารถควบคุมได้ทั้งโดยการคัดแยกวัสดุที่ก่อให้เกิดมลพิษออกจากมูลฝอยก่อนที่จะป้อนเข้าเตาเผา โดยการควบคุมการปฏิบัติงานที่ถูกต้องของเตาเผาขยะมูลฝอย และโดยการ ติดตั้งระบบควบคุมมลพิษทางอากาศเพิ่มขึ้น

ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ ที่ติดตั้งเพิ่มเติมสำหรับเตาเผาขยะมูลฝอยโดยทั่วไปที่ใช้กันอยู่มีหลายรูปแบบและหลายประเภท เช่น 1) ระบบดักจับแบบเปียก (Wet scrubber) 2) เครื่องกรองแบบถุงกรอง (Fabric Filter) 3) ระบบดักจับแบบแห้ง (Dry Scrubber) และระบบดักอนุภาคแบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Precipitators) จากการออกแบบและการทำงานที่แตกต่างกัน ทำให้ระบบแต่ละประเภทดังกล่าวนี้ต่างก็มี ประสิทธิภาพในการดักจับมลพิษแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไปด้วย ดังตารางที่ 2.19 แสดงวิธีการที่ใช้ในการควบคุมมลพิษแต่ละประเภทที่เกี่ยวข้องอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2.19 วิธีการที่ใช้ในการควบคุมมลพิษอากาศจากเตาเผามูลฝอย

มลพิษ	วิธีการควบคุม		อุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศที่ติดตั้งเพิ่มเติม			
	ควบคุมวัสดุที่ป้อนเข้าเตา	ควบคุมการเผาไหม้	ชนิดหัวฉีดพ่น Venture	ชนิดตัวกลาง Packed bed Scrubber ^b	ถุงกรอง Fabric Filter	ระบบดักจับแบบแห้ง
อนุภาคมลสาร	x	x	x	c	x	
โลหะที่เป็นพิษ	x		x	c	x	
อินทรีย์สารที่เป็นพิษ		x	c	c		c
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)		x				
ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)	x		c	x		x
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	x		c	x		x
ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x)	x	x				

a เป็น venturi scrubber ที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการดัก

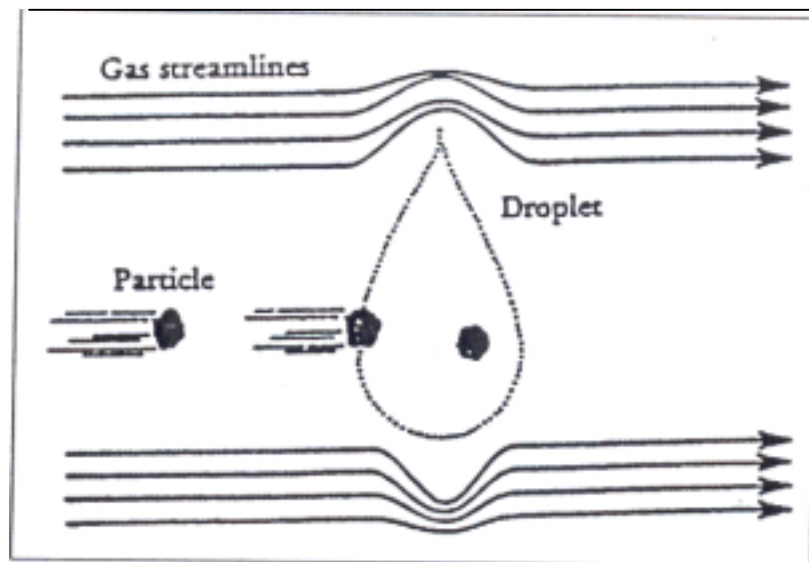
b เป็น packed-bed scrubber ที่ใช้ alkaline sorbent

c สามารถทำงานได้ตามขีดจำกัดที่กำหนด แต่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อการทำงานประสิทธิภาพสูง

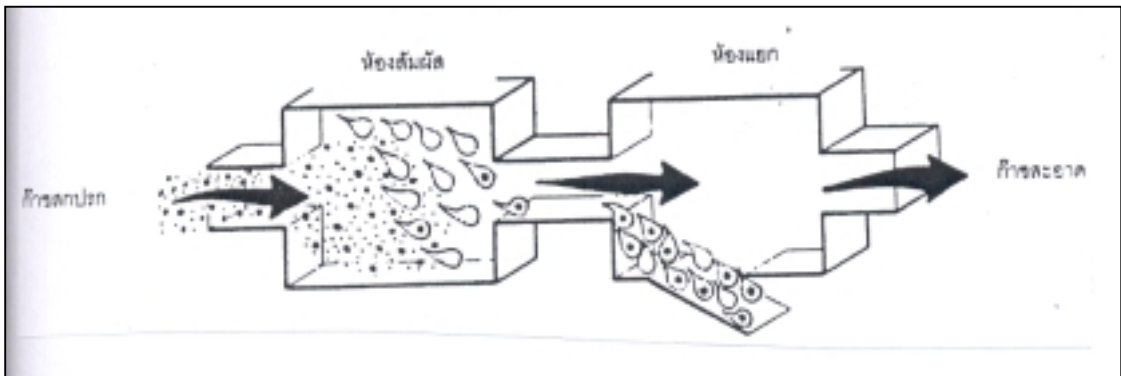
ที่มา : สมรัฐ เกิดสุวรรณ *เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย* ศูนย์วิจัยการเผาากของเสีย ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2544

สำหรับระบบดักจับแบบเปียก ใช้สำหรับดักจับอนุภาคมลสาร และใช้ได้กับ HCl และ SO₂ ในส่วนนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดเฉพาะระบบดักจับแบบเปียก ซึ่งเหมาะสำหรับเตาเผาชนิดควบคุมอากาศ

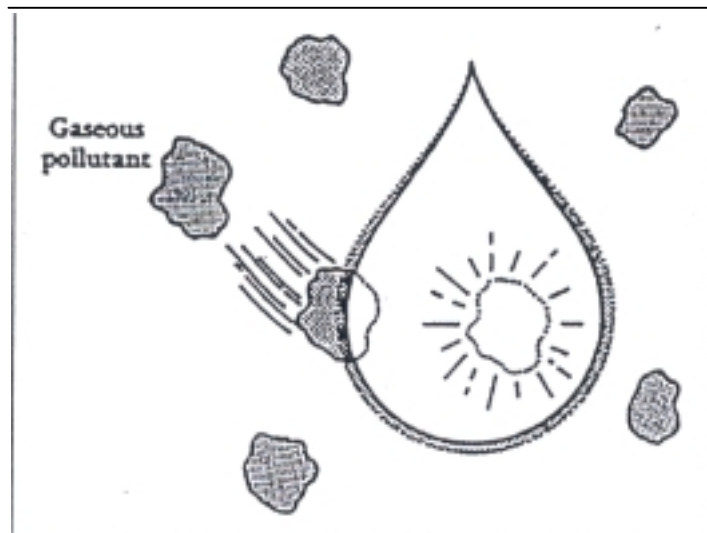
10.1 ระบบดักจับแบบเปียก (Wet Scrubber) กลไกในการดักจับอนุภาคมลสารของระบบนี้คือ การสัมผัสกันของอนุภาคบนผิวเปียกหรือบนหยดของเหลว ส่วนกลไกการดักจับก๊าซที่เกิดขึ้นจะเป็นกระบวนการแพร่กระจาย (Diffusion) และกระบวนการดูดซับ (Absorption) หยดของเหลวที่ดักจับมลพิษไว้จะแยกตัวออกจากกระแสก๊าซสะอาด ดังภาพที่ 2.15 ภาพที่ 2.16 และภาพที่ 2.17 ซึ่งลักษณะการออกแบบและชนิดของสารละลายจะเป็นองค์ประกอบหลักที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการดักจับ ระบบควบคุมมลพิษอากาศแบบระบบดักจับแบบเปียกที่ใช้กับเตาเผามูลฝอย แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดหลัก ๆ คือ (1) ชนิดคอคอด (Venturi) (2) ชนิดหัวฉีดพ่น (Spray tower) และ (3) ชนิดตัวกลาง (Packed-bed scrubber) สำหรับเวนจูริสกรับแอร์ ใช้สำหรับดักอนุภาคมลสารเป็นหลัก packed-bed scrubber ใช้ควบคุมก๊าซที่มีฤทธิ์เป็นกรดเป็นหลัก และ Spray tower ใช้ดักมลสารที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งประสิทธิภาพในการดักจับจะลดลงเมื่ออนุภาคมลสารมีขนาดเล็ก (Fine particle)



ภาพที่ 2.15 ลักษณะการดักจับโดยการดูดซับ



ภาพที่ 2.16 หลักการทำงานของสครับเบอร์แบบเป็ยอก



ภาพที่ 2.17 ลักษณะการดักจับโดยการปะทะ

10.1.1 ระบบดักจับชนิดคอคอด (Venturi Scrubber) เป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงเหมาะสำหรับการดักจับอนุภาคที่มีขนาดเล็กหรือมีความละเอียด มีกลไกหลักในการทำงาน คือ การเพิ่มการไหลแบบบดวน (Turbulent) ให้สูงและมีประสิทธิภาพในการผสมกันของละอองของเหลวกับก๊าซที่ดี ทำให้สามารถดักจับ มลพิษไว้ได้ หลักการทำงานโดยทั่วไปของระบบนี้ประกอบด้วย

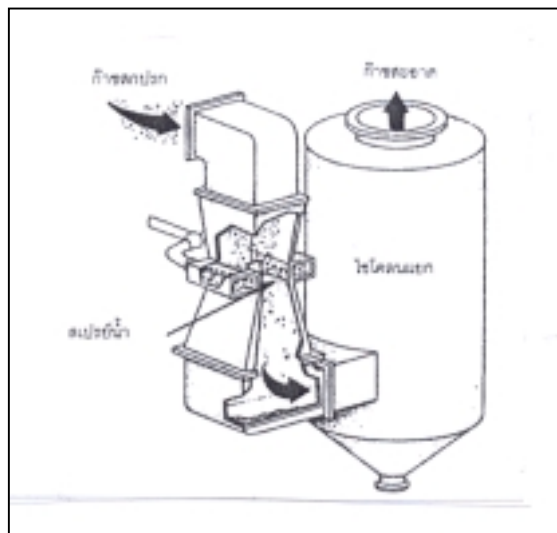
1) เหลวจะถูกฉีดพ่นกระทบลำก๊าซที่ไหลด้วยความเร็วสูงบริเวณคอคอด ซึ่งจะทำให้ของเหลวเกิดการแตกตัว ายเป็นฝอยละเอียดและมีพื้นที่ในการถ่ายเทมวลกับก๊าซมากขึ้น โดยทั่วไปความเร็วก๊าซไหลผ่านคอคอดจะอยู่ในช่วง 3,000 ถึง 12,000 เมตร ต่อวินาที และมี

ความดันตกคร่อมสถิตย์ (static pressure drop) ซึ่งเป็นการวัดปริมาณรวมของพลังงานที่ต้องใช้เร่งลำก๊าซให้ไหลผ่านระบบและทำให้ของเหลวแตกตัวเป็นฝอยละเอียด ซึ่งมีค่าประมาณ 2.5-7.5 กิโลปาสกาล (K Pa)

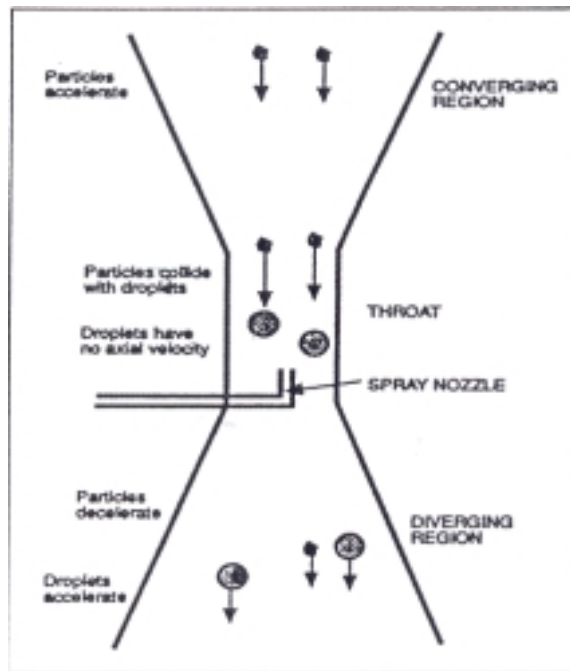
2) พื้นที่หน้าตัดของคอคอดเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของระบบ ซึ่งจะช่วยให้ลำก๊าซไหลผ่านคอคอดด้วยความเร็วสูงสุดที่บริเวณนี้ และเมื่อฉีดพ่นของเหลวเข้าไปกระทบลำก๊าซที่ไหลเข้าสู่คอคอดใน แนวตั้งฉาก ความเร็วแนวแกนของเหลวนี้จะใกล้เคียงกับศูนย์ และทำให้ความเร็วสัมผัสระหว่างหยดของเหลวกับอนุภาคในก๊าซมีค่าใกล้เคียงกับความเร็วของอนุภาคมาก ซึ่งจะเกิดการชนกันระหว่างอนุภาคหยดของเหลว และสามารถดักจับอนุภาคมลสารไว้ได้

3) ลำก๊าซที่มีความเร็วสูงและไหลผ่านคอคอด จะทำให้เกิดความอลวน และกระทบกับหยดของเหลวให้กลายเป็นหยดละเอียดผสมกันได้ดี

4) ประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคมลสารในระบบดักจับชนิดคอคอด ขึ้นอยู่กับความเร็วของก๊าซที่สูงขึ้นและความอลวน อย่างไรก็ตามการไหลที่ความเร็วสูงจำเป็นต้องใช้พลังงานสูงตามไปด้วย ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากความดันตกคร่อมระบบ โดยค่าของความดันและพลังงานที่สูงขึ้นที่เป็นสาเหตุของค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการที่สูงขึ้นด้วย



ภาพที่ 2.18 ระบบดักจับแบบเป็ยกชนิดคอคอดสี่เหลี่ยม



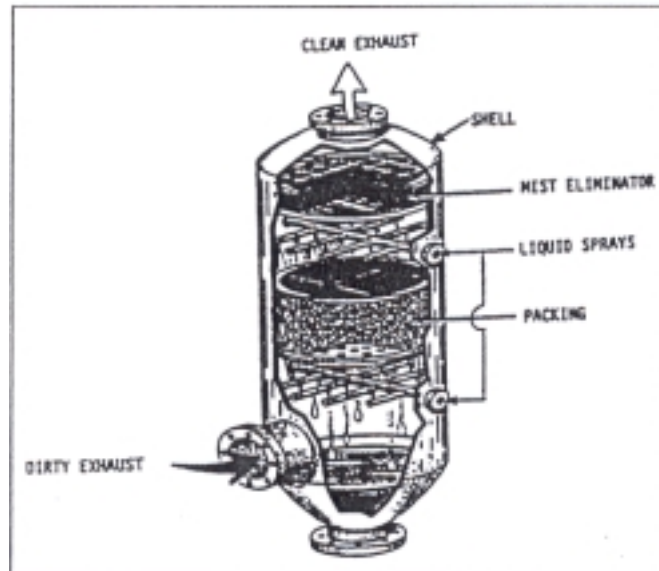
ภาพที่ 2.19 หลักการในการดักจับอนุภาคของแบบคอคอด

10.1.2 ระบบดักจับแบบเปียกชนิดตัวกลาง (Packed-bed scrubber) ระบบมีลักษณะตามภาพที่ 20 ส่วนประกอบหลักของระบบ ประกอบด้วย (1) เปลือกนอกทรงกระบอกสำหรับบรรจุตัวกลาง (2) ตัวกลางทำด้วยพลาสติกเซรามิกส์ หรือวัสดุอื่น ๆ ขนาดตั้งแต่ 0.5 ถึง 3 นิ้ว วางอยู่บนแผ่นรอง (3) ชุดหัวฉีดพ่นของเหลว (4) ชุดดักละออง ไอน้ำจากก๊าซ และ 5. พัดลมเหนี่ยวนำอากาศ สำหรับดูดก๊าซให้ไหลผ่านระบบ

โดยทั่วไประบบดักจับแบบที่ใช้สำหรับกำจัดก๊าซที่มีฤทธิ์ เป็นกรด และดักจับฝุ่นละอองบางประเภทได้ด้วย ประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ก๊าซสัมผัส (Contact time) และพื้นที่ในการดักจับ (Scrub area) ขั้นตอนในการทำงานประกอบด้วย

- 1) ของเหลวที่ใช้ฉีดพ่นเพื่อดักจับก๊าซที่มีฤทธิ์เป็นกรด เป็นสารละลายต่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ ในบางครั้งอาจเป็น โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
- 2) สารละลายจะถูกฉีดจากด้านบนของตัวกลางและไหลผ่านลงมาทางด้านล่าง ในขณะที่ก๊าซไหลสวนทางขึ้น และเกิดการดักจับมลพิษด้วยการดูดซับ หรือทำปฏิกิริยาเคมี กับ HCl เกิดเป็นโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และ SO_2 เกิดเป็น โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3)
- 3) ผิวที่เปียกของตัวกลางจะทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสระหว่างของเหลวกับก๊าซ

- 4) ฝุ่นละอองถูกดักด้วยการปะทะและละลายปนกับของเหลว
- 5) ของเหลวที่ใช้ในการดักจับ จะไหลออกทางด้านล่างและส่งเข้าบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสีย

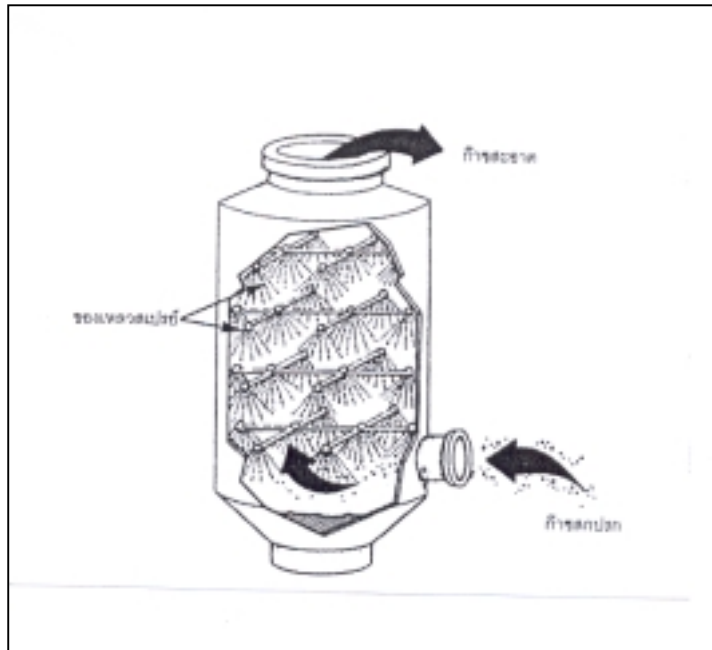


ภาพที่ 2.20 ระบบดักจับแบบเปียกชนิดตัวกลาง

10.1.3 ระบบดักจับแบบเปียกชนิดฉีดพ่น (Spray Towers) ตามภาพที่ 21 ระบบดักจับแบบเปียกชนิดฉีดพ่น เป็นระบบที่ใช้พลังงานต่ำ เหมาะสมกับการดักจับอนุภาคหยาบที่มีขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 10 ถึง 25 μm และเหมาะสมกับการนำไปใช้กับเตาเผาชนิดหลายห้องเผาไหม้แบบอากาศส่วนเกิน ซึ่งมีการปลดปล่อยอนุภาคมลสารที่มีขนาดใหญ่ สำหรับเตาเผาแบบควบคุมอากาศจะเกิดมลพิษชนิด อนุภาคละเอียด ซึ่งไม่สามารถดักจับได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบนี้ และอาจนำระบบนี้ไปใช้ในวัตถุประสงค์ เพื่อลดอุณหภูมิของก๊าซ โดยมีหลักการทำงานดังนี้

- 1) ประกอบด้วยหัวฉีดพ่นของเหลวจำนวนมาก เพื่อให้เกิดละอองหยดของเหลวขนาดพอเหมาะกับการดักจับอนุภาคและลดอุณหภูมิของก๊าซ โดยการฉีดพ่นให้เต็มพื้นที่หน้าตัดของการไหล

- 2) ก๊าซที่ไหลเข้าระบบสามารถเข้าได้ทั้งตามทิศทางการไหล และสวนทางการไหล ซึ่งความเร็วของก๊าซจะลดลง เมื่อเข้าสู่ระบบ ซึ่งทำให้อนุภาคและสิ่งสกปรกในก๊าซถูกดักไว้ในหยดของเหลว และตกลงสู่ด้านล่างของระบบ



ภาพที่ 2.21 ระบบดักจับแบบเป็ยกชนิดฉีดพ่นที่มีการไหลสวนทาง

11. บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

11.1 สุเมธา วิเชียรเพชร และ เชิดชัย วรแก่นทราย 2543 : 4-5 กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย มีการจัดการมูลฝอยจากแหล่งที่อยู่อาศัย ฟาร์ม และ โรงงานอุตสาหกรรม ที่ไม่ใช่มูลฝอยอันตราย จำนวนปีละประมาณ 6,000,000 ตัน โดยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลเป็นส่วนใหญ่ และกำจัดด้วย เตาเผาเพียงส่วนน้อย คาดว่าในอนาคตการหาพื้นที่เพื่อใช้ในการฝังกลบมูลฝอยจะยากขึ้น อาจต้องมีการใช้การกำจัดด้วยระบบเตาเผามากยิ่งขึ้น

11.2 ศาโรจน์ ศิริตันสนียกุล 2540 : 115-122 การเผาเป็นกระบวนการที่มักนิยมใช้ใน ประเทศอุตสาหกรรม เพื่อลดปริมาณของขยะมูลฝอยจำนวนมาก และเป็นวิธีที่ทำให้สารอินทรีย์จากขยะมีความเสถียรยิ่งขึ้น นอกจากนี้วิธีการเผายังจัดเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถลดปริมาณของขยะได้สูงถึงร้อยละ 90 ทั้งยังสามารถกำจัดสารพิษ กลิ่นเหม็น และผลิตพลังงานจากขยะได้

11.3 ทศพร สุทธิจินดา และคณะ 2542 : 51-56 การกำจัดขยะโดยวิธีการเผาเป็นวิธีการลดปริมาณขยะได้เป็นจำนวนมากที่สุด และยังให้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้ภายในโรงเผาขยะ และผลิตไอน้ำ (Stream) เพื่อส่งไปใช้ในโรงงาน

หรืออาคารอื่น ๆ กระบวนการเผาขยะและการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงเผาขยะจังหวัดภูเก็ต ขยะจะถูกเผาด้วยความร้อนที่มาจากตัวเผาถ่านไฟ (Burner) ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้มีค่าประมาณ 600-700 องศาเซลเซียส ขยะจะมีอุณหภูมิสะสมเพียงพอที่สามารถเผาตัวเองได้ และไม่ทำให้เกิดสารไดออกซิน ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้วัสดุพีวีซี แต่เพื่อเพิ่มความมั่นใจในการควบคุมเตา ควบคุมการเผาไหม้ในห้องเผา ณ ที่อุณหภูมิ 800-900 องศาเซลเซียส

11.4 วรารุช เสือดี 2542 : 40-44 การเผาทำลายเป็นวิธีการที่เป็นทางเลือกที่คาดว่าจะนำมาใช้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ในปัจจุบัน และคาดว่าจะเพิ่มจำนวนของเตาเผาขยะมากขึ้นเรื่อย ๆ อันเนื่องมาจากหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการฝังกลบได้ยาก การเผาเป็นสาเหตุที่สำคัญของมลพิษทางอากาศ สารมลพิษที่เกิดขึ้นคือ ฟุน โลหะ (ในรูปของฝุ่น ยกเว้นปรอท) ก๊าซ ที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน (เกิดจากการสันดาบของไนโตรเจนในขยะที่อุณหภูมิค่าประมาณ 1000 °C) และก๊าซอินทรีย์ เช่น ไดออกซิน เป็นต้น ปกติอัตราการระบายสารมลพิษแต่ละชนิดจากเตาเผาขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างที่สำคัญ คือ องค์ประกอบของขยะ ชนิดของเตาเผา และประสิทธิภาพของระบบบำบัด ดังข้อมูลอ้างอิงของสถาบันปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US . EPA) แสดงอัตราการระบายสารมลพิษในอากาศจากเตาชนิดควบคุมอากาศ (Starved air หรือ Controlled air) ในตารางที่ 2.20

ตารางที่ 2.20 ชนิดและปริมาณของสารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผากากอุตสาหกรรมที่ไม่ผ่านการบำบัดและผ่านการบำบัด

สารมลพิษทางอากาศ	ปริมาณมลพิษทางอากาศที่ไม่มี การบำบัด (กิโลกรัม/มิลลิกรัม)	มลพิษทางอากาศที่ผ่านระบบบำบัด แบบ ESP (กิโลกรัม/มิลลิกรัม)
PM	1.72 E +00	1.74 E-01
As	3.34 E-04	5.25 E-05
Cd	1.20 E-03	2.30 E-04
Cr	1.65 E-03	3.08 E-04
Hg	2.8 E-03	2.8 E-03
Ni	2.76 E-03	5.04 E-04
Pb	ND	1.41 E-03
SO ₂	1.61 E+00	3.23 E+00
HCl	1.08 E+00	*

ตารางที่ 2.20 (ต่อ)

สารมลพิษทางอากาศ	ปริมาณมลพิษทางอากาศที่ไม่มี การบำบัด (กิโลกรัม/มิลลิกรัม)	มลพิษทางอากาศที่ผ่านระบบ บำบัดแบบ ESP (กิโลกรัม/มิลลิกรัม)
NO _x	1.58 E +00	*
CO	1.50 E +00	*
CDD/CDF	1.47 + E-06	1.88 E-06

a. All factors in kg/mg refuse combusted

a. Emission factors should be used for estimating long-term, not short-term emission level. This particulatey applies to pollutants measured with a continuous emission monitoring system (e g., SO₂)

b. ESP= Electrostatic Precipitator

c. CDD/CDF – total tetra-through oda-chlorinated dibenzo-p-dioxin/chlorinated dibenzofurans, 2,3,7,8-tetrach lorodibenzo-p-dioxin and dibenzofurans are hazardous air pollutants listed in 1990 clean Air Act.

* = Same as “Uncontrolled” for these pollutants

ND = no data

ที่มา : วราวุธ เสือดี “เตาเผาขยะและสารมลพิษที่ระบายออก” *วารสารพลังงาน* 9 (มกราคม – มีนาคม 2542) หน้า 40-44

จากตารางที่ 2.20 แนวตั้งแรกหมายถึง สารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิด และในแนวตั้งที่ 2 หมายถึง อัตราการระบายสารมลพิษแต่ละชนิด (กิโลกรัม/ตันขยะ) ในกรณีไม่มีการบำบัด ส่วนใน แนวตั้งที่ 3 เป็นการคาดหมายอัตราการระบายสารมลพิษ กรณีมีระบบบำบัด

11.5 อมรรัตน์ ศรีไพจิตร 2541 : 28-31 กระบวนการในการคัดเลือกและออกแบบระบบเตาเผา ของเสียมีพิษ ประกอบด้วยระบบย่อย 4 ระบบ คือ (1) การเตรียมและการป้อนของเสีย (2) ห้องเผาไหม้ (3) การควบคุมมลภาวะ และ (4) การจัดการสารที่เหลือ/ขี้เถ้า เตาเผาชนิดควบคุมอากาศใช้กระบวนการเผาไหม้ สองชั้น ของเสียจะถูกป้อนเข้าไปในชั้นที่หนึ่งหรือห้องเบื้องต้น และเผาด้วยอากาศตามทฤษฎี ร้อยละ 50 ถึง 80 สภาวะการขาดอากาศนี้ ทำให้เกิดส่วนที่

กลายเป็นไอของของเสีย ซึ่งระเหยโดยความร้อนที่ดูดไว้ และทำให้เกิดการออกซิเดชันของส่วนคาร์บอน จำกัด (Fixed carbon) คาร์บอนและผลิตภัณฑ์ของการไพโรไลติก ที่ได้เบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วย มีเทน อีเทน ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ และผลิตภัณฑ์การเผาไหม้อื่น ๆ จะผ่านไปยังชั้นที่สองหรือห้องเผาไหม้ที่สอง ในห้องนี้มีการฉีดอากาศเพิ่มเติมเข้าไป เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ซึ่งสามารถทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง หรือผ่านการเติมเชื้อเพลิงเสริมปฏิกิริยาการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้เบื้องต้นและความเร็วเทอร์บูเลนซ์ ถูกรักษาไว้ที่ระบบต่ำด้วยสภาวะขาดอากาศ เพื่อลดการดึงและการเผาอนุภาค

ข้อมูลปริมาณความชื้นและส่วนผสมของธาตุเป็นส่วนสำคัญในการหาปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ และเพื่อทำนายการไหลและส่วนผสมของแก๊สเผาไหม้พารามิเตอร์เหล่านี้ เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดอุณหภูมิการเผาไหม้และเวลาที่ใช้ ประสิทธิภาพของการรวมของเสีย/เชื้อเพลิง/อากาศ ประเภทและขนาดชุดอุปกรณ์ควบคุมมลภาวะทางอากาศ

การคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเผาไหม้ของเสียมีพิษหรือสารพิษต้องคำนึงถึงตัวแปรหลายประการ ซึ่งประกอบด้วย ชนิด ลักษณะและปริมาณของของเสียมีพิษ วิธีการในการเผาไหม้การควบคุมมลภาวะจากการเผาไหม้ และความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ เมื่อเทียบกับการกำจัดโดยวิธีอื่น ๆ ซึ่งสิ่งสำคัญประกอบการพิจารณาคือ ผลระยะยาวของวิธีการต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ประโยชน์สำคัญของการเผาไหม้ของเสียมีพิษ ก็คือ การนำพลังงาน จากการเผาไหม้มาใช้และเป็นการลดปริมาณของเสียอย่างถาวร

11.6 วีรพันธ์ ลิวะลีพิทักษ์ 2538 : 50-54 การกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการเผาในเตาเผา (Incineration) เป็นวิธีการกำจัดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดวิธีหนึ่งสามารถลดปริมาณขยะได้ถึง 80-90 % โดยอาศัยลักษณะสมบัติของมูลฝอยที่สามารถติดไฟได้ภายในเตาเผาโดยมีอากาศ และเชื้อเพลิงเสริม ภายใต้อุณหภูมิ และความดันพอเหมาะ ขึ้นอยู่กับรูปแบบและขนาดของเตาเผาแต่ละประเภท ผลที่ได้จากปฏิกิริยาเผาไหม้ จะ ได้ก๊าซชนิดต่าง ๆ ไอ น้ำ ฝุ่น และขี้เถ้า อุณหภูมิเผาไหม้สูงสุดท้าย ภายในเตาโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 850-1200 องศาเซลเซียส เตาเผาขยะแบบควบคุมการเผาไหม้ แบบ Pyrolysis เป็นเตาที่มีการเผาวันอีกขั้นตอนหนึ่ง ก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก โดยใช้ อุณหภูมิมากกว่า 1000 °C ใช้เวลา 0.5 วินาที ปริมาณขี้เถ้าที่เกิดจากการเผา จะมีประมาณ 10 % ของปริมาณขยะมูลฝอย

ข้อดีของเตาเผาแบบ Pyrolysis คือ (1) ประหยัดเชื้อเพลิง (2) เกิดอากาศเสียในปริมาณที่น้อย และ (3) ไม่ต้องมีเครื่องดักฝุ่น (Cyclone) เพราะห้องเผาไหม้แรกใช้อากาศน้อยไม่เกิดการฟุ้งกระจาย

11.7 ฆเรศ ศรีสถิตย์ 2538 : 27-33 การเผามูลฝอยเป็นการทำลายของแข็ง ของเหลว และก๊าซที่ต้องใช้ความร้อนอยู่ระหว่าง 600-1000 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้เกิดการเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์และส่วนต่าง ๆ ของมูลฝอยถูกทำลาย การออกแบบเตาเผาจะขึ้นกับความแตกต่าง และส่วนประกอบของมูลฝอย ถ้ามูลฝอย ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เผาไหม้ได้ง่าย เตาที่ออกแบบจะเป็นเตาที่ไม่ต้องใช้ เชื้อเพลิงอย่างอื่นเข้าช่วยเผาไหม้ โดยอาศัยมูลฝอยเอาเป็นตัวเชื้อเพลิง แต่ถ้าองค์ประกอบขยะมูลฝอยประกอบด้วยส่วนที่เผาไหม้ได้ยาก หรือมีความชื้นมาก ประมาณมากกว่าร้อยละ 70 เตาเผาต้องเป็นชนิดที่มีเชื้อเพลิงช่วยในการเผา ต้องใช้ความร้อนปริมาณมากขึ้น เพื่อไปทำลายความชื้นให้หมด ดังนั้น เตาเผามูลฝอยจะต้องมีความสัมพันธ์กับมูลฝอยที่จะเผาด้วย คือสามารถทำลายมูลฝอยให้มีปริมาณน้อยลงที่สุด และเป็นส่วนที่ไม่ย่อยสลายต่อไปอีก เช่น กากถ่านที่เหลือจากการเผาไหม้

เตาเผามูลฝอย แบบใช้อากาศน้อย (Straved air) เป็นการเผามูลฝอยที่ใช้หรือให้อากาศช่วยในการลุกไหม้อย่างน้อย โดยนิยมเผามูลฝอยที่มีเนื้อค่อนข้างใกล้เคียง และลุกไหม้ได้ดี เช่น มูลฝอยอุตสาหกรรม เป็นต้น

11.8 อมรรัตน์ สันต์ธนะวานิช 2538 : 9-11 จี๊เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะมี 2 ส่วน คือ จี๊เถ้าจากเตาเผาไหม้และจี๊เถ้าลอยจากระบบกรองไอเสีย จำนวนจี๊เถ้าทั้งหมด จะเป็นเถ้าจากเตาเผาไหม้ประมาณ 90% และที่เหลือเป็นเถ้าลอยประมาณ 10% จี๊เถ้าจากการเผาไหม้ทั้งหมดสามารถนำไปใช้ในการทำอิฐบล็อกสำหรับปูพื้นถนนและทำรั้ว ส่วนจี๊เถ้าลอยจะนำไปฝังกลบต่อไป

11.9 ทรงศักดิ์ ศรีอนุชาติ 2542 : 10-12 ไดออกซินเป็นสารพิษร้ายแรงที่พบได้ทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตสารเคมีในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้คลอรีน เช่น ยามาแมลง ดีดีที พีซีบี และเป็นสารเคมีที่ทนต่อสิ่งแวดล้อมมาก สามารถจะคงอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้เป็นเวลานาน หลาย 10 ปี ก็ยังไม่สลายตัว ไดออกซินเกิดมาจากการเผาทำลายสิ่งต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะและสิ่งที่มีสารคลอรีนผสมอยู่ และที่สำคัญ ก็คือเตาเผาทำลายสารเคมี ถ้าหากว่ามีความร้อนสูงไม่มากพอ คือ ต่ำกว่า 1000 องศาเซลเซียสลงมาก็ทำลายได้บางส่วน แต่อีกส่วนหนึ่งไปเกิดปฏิกิริยาใหม่ แล้วกลายเป็นสารไดออกซิน

การเผาสารเคมีที่ใช้ความร้อนเกิน 1000 องศาเซลเซียสขึ้นไปถึง 1200 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะทำให้สารเคมีต่าง ๆ ที่เผาไหม้ ถูกทำลายได้หมดไม่เกิดเป็นสารเคมีใหม่

11.10 พิษณุ ศุภผล 2539 : 55-61 ปริมาณน้ำหนักของขยะที่ชาวอเมริกันผลิตออกมาในปี พ.ศ. 2537 เป็นจำนวน 200 ล้านตัน เท่ากับประชากรแต่ละคน ผลิตขยะประมาณ 1.6 กิโลกรัมต่อวัน และ คาดว่า จะเพิ่มขึ้นเป็น 200 ล้านตันในปี พ.ศ. 2543

การกำหนดประเภทของขยะที่จะสามารถผ่านกระบวนการเผาได้ เป็นทางออกที่ดีที่จะลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากก๊าซพิษ หรืออาจแก้ไขได้ด้วยการผ่านก๊าซที่เกิดขึ้นไปยังระบบดูดซับ (Scrubber) ซึ่งจะลดปริมาณก๊าซพิษ และกลิ่นลงได้ในระดับหนึ่ง

11.11 พิจารณา สมัครการ 2541:20-22 ปัจจัยที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกวิธีการจัดการขยะ ได้แก่ ชนิดและคุณสมบัติของขยะ สภาพแวดล้อมและภูมิประเทศเทคโนโลยีที่เหมาะสม รวมทั้งความคุ้มค่าในเชิง เศรษฐศาสตร์

การนำขยะไปเผาไหม้ในระบบเผาไหม้ประสิทธิภาพสูง ณ อุณหภูมิสูงที่มีอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ ประมาณ 850 – 1350 °C จะสามารถทำลายหรือลดปริมาณสารตกค้างจำพวก ไดออกซิน (Dioxins) และ โปริคลอริเนทไบฟีนอล (Polychlorinated Biphenols-PCBs) ในขยะได้ถึงร้อยละ 80-85

11.12 วรรคเลข 2540 : 42-45 การกำจัดขยะในปัจจุบันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมและผลกระทบที่จะเกิดขึ้น การ Recycle เป็นวิธีที่ดีที่สุดแต่ก็สามารถกำจัดขยะได้เป็นบางส่วนเท่านั้น การฝังกลบก็ต้องใช้พื้นที่เป็นจำนวนมากและอาจจะมีผลกระทบต่อระดับน้ำใต้ดินในบริเวณใกล้เคียง ดังนั้น การกำจัดขยะโดยการเผาทำลาย เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาขยะที่เกิดจากชุมชน หรือโรงงานอุตสาหกรรมที่มีพื้นที่จำกัด

11.13 อภิชา ชื่นใจ 2545 : 7 กล่าวถึง การประชุมเชิงปฏิบัติการระดับภูมิภาค เรื่อง มลพิษตกค้างยาวนาน โดยสำนักงานความร่วมมือทางวิชาการของเยอรมันนี หรือ GTZ โครงการ การสิ่งแวดล้อมแห่ง สหประชาชาติ (UNEP) โดย UNEP Chemicals และกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เป็นผู้ประสานงาน โดยพิจารณาตามจุดมุ่งหมายของอนุสัญญากรุงสตอกโฮล์ม ว่าด้วยสารมลพิษตกค้าง ยาวนานที่รัฐบาลประเภทต่าง ๆ ร่วมกันรับรองให้มีการขกร่างกลไกทางกฎหมายระหว่างประเทศ เมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2544 คือ การลดหรือเลิกการผลิต การใช้และการปลดปล่อยสารเคมีที่มีอันตราย 12 ชนิด ออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งถือว่าเป็นอันตรายสูงสุด ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม เรียกสั้น ๆ ว่า “POPS” ย่อมาจากคำว่า Persistent Organic Pollutants ได้แก่ อัลดริน ดินดริน ดีดีที เอนดริน คอยเดน เฮปตะคลอโร เฮกซะคลอโรเบนซีน ไมเร็กซ์ ท็อกซาฟิน พีซีบี ไดออกซิน และฟิลแรน การประชุมระบุโรงงานเผากากของเสียที่เป็นผลิตภัณฑ์เคมีในกลุ่มฮาโลจีเนต ก่อให้เกิดไดออกซินและฟิลแรนระหว่างการผลิต ซึ่งสามารถลดได้ด้วยการทดแทนหรือปรับเปลี่ยนวัสดุ ผลิตภัณฑ์และกระบวนการควบคู่กับการบังคับให้มีการใช้ความร้อนในเตาเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ไดออกซินจะถูกกำจัดหมด

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก ในการกำจัดขยะอุตสาหกรรมจากสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี นั้น เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (survey study) และเชิงทดลอง (experimental study) โดยจะกล่าวถึงระบบการจัดการขยะอุตสาหกรรมในปัจจุบันและสำรวจ ชนิด ปริมาณ และลักษณะของขยะอุตสาหกรรมที่จะนำไปใช้เป็นตัวอย่ง ในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ได้ออกแบบและก่อสร้างแล้ว โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสำรวจ

1. สำรวจการจัดการขยะอุตสาหกรรมในปัจจุบันของโรงงานจำนวน 28 โรงงาน ในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี
2. สำรวจเก็บตัวอย่างขยะอุตสาหกรรม เพื่อคัดแยกชนิด ปริมาณ ลักษณะ สัดส่วนและการกระจายของขยะภายในแต่ละโรงงาน บริเวณสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นทดลอง

นำผลการสำรวจในขั้นตอนที่ 1 มาใช้ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาและตรวจสอบคุณภาพอากาศที่ปล่อยจากเตาเผา โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การสำรวจการจัดการขยะอุตสาหกรรมของแต่ละโรงงาน ในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1.1 ประชากร ได้แก่พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะอุตสาหกรรมในแต่ละโรงงาน จำนวน 28 คน

1.1.2 ตัวอย่าง ได้แก่ พนักงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะอุตสาหกรรมจำนวน 28 คน

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสำรวจโดยการสอบถามพนักงานเกี่ยวกับข้อมูล

ทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ การจัดการขยะอุตสาหกรรมและขยะทั่วไปในแต่ละโรงงาน ของสวนอุตสาหกรรมศรีสพพรรณ กบินทร์บุรี ทั้งนี้แบบสำรวจได้ผ่านการทดสอบที่สวนอุตสาหกรรมศรีสพพรรณ ศรีราชา จังหวัดชลบุรี จำนวน 56 ราย และได้ปรับปรุงแก้ไขไปแล้ว รวมทั้งผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ประสานกับโรงงานในสวนอุตสาหกรรมศรีสพพรรณ กบินทร์บุรีสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างด้วยแบบสำรวจเพื่อการวิจัยสำหรับพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะอุตสาหกรรมและขยะทั่วไปใน แต่ละโรงงาน

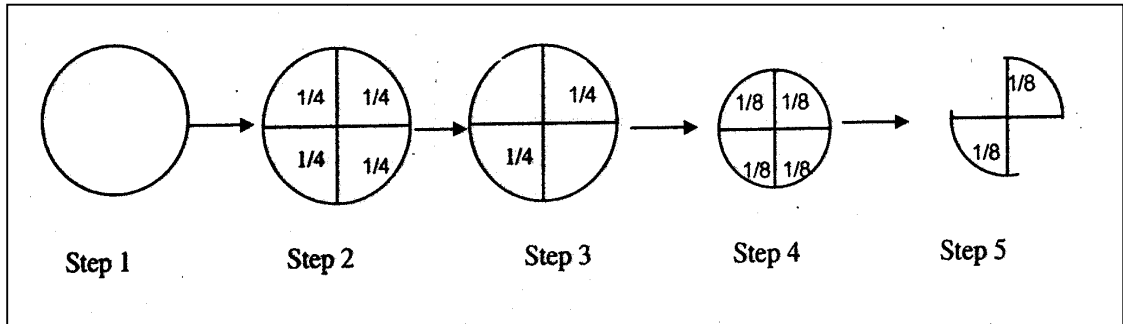
1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive) โดยจำแนกเป็นข้อมูลทั่วไป และลักษณะของการจัดการขยะอุตสาหกรรมในปัจจุบันและสถิติเชิงอนุมาน

2. สำรวจประเภท ชนิด ปริมาณและองค์ประกอบของขยะอุตสาหกรรมในแต่ละโรงงานของสวนอุตสาหกรรมศรีสพพรรณ กบินทร์บุรี

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1.1 ประชากร ได้แก่ ขยะอุตสาหกรรมทั้งหมดที่เกิดจากโรงงานในสวนอุตสาหกรรมศรีสพพรรณ กบินทร์บุรี จำนวน 28 โรงงาน จะถูกสุ่มเพื่อเป็นตัวแทนขยะอุตสาหกรรมที่ป้อนเข้าเตาเผา เพื่อการทดสอบลักษณะสมบัติทางกายภาพและทางเคมี การสุ่มตัวอย่างขยะอุตสาหกรรมจะใช้วิธี quartering ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



ขั้นที่ 1 สุ่มขยะมูลฝอยที่ต้องการทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติ ผสมให้เข้ากัน โดยทั่วถึง

ขั้นที่ 2 แบ่งกองขยะออกเป็นสี่ส่วน ๆ ละเท่า ๆ กัน

ขั้นที่ 3 เลือกกองขยะจำนวนสองกองที่อยู่ด้านตรงข้ามกัน

ขั้นที่ 4 ผสมขยะให้เป็นกองเดียวกัน คลุกเข้าให้ทั่วแล้วแบ่งออกเป็นอีกสี่ส่วน ๆ ละเท่า ๆ กัน

ขั้นที่ 5 เลือกกองขยะจำนวนสองกองที่อยู่ด้านตรงข้ามกันแล้วนำไปวิเคราะห์หาองค์

ประกอบ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ลักษณะของขยะอุตสาหกรรมที่ใช้พิจารณาในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมี ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพ (physical Characteristics) ได้แก่

- 1) ลักษณะของขยะอุตสาหกรรม
- 2) ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density)
- 3) องค์ประกอบของมูลฝอย (Composition)

2.2.2 ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics) ได้แก่

- 1) ความชื้น (water Content)
- 2) ปริมาณของแข็งรวม (Total Solids)
- 3) ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Solids)
- 4) ปริมาณเถ้า (Ash Content)
- 5) ค่าปริมาณความร้อน (Calorific Value)
- 6) ปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ (Chemical Composition) นำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะทางเคมี

2.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของขยะอุตสาหกรรม (*physical Characteristics*) ได้แก่

1) ลักษณะของขยะอุตสาหกรรม นำตัวอย่างทั้งหมดที่ได้ ณ จุดรวบรวมขยะมา แยกประเภทเพื่อชั่งน้ำหนัก และคำนวณค่าร้อยละของปริมาณขยะแต่ละประเภทเปรียบเทียบกับ ขยะรวมประเภทของขยะที่ทำการแยก

- (1) ขยะรีไซเคิล
- (2) ขยะอินทรีย์
- (3) ขยะทั่วไป
- (4) ขยะอันตราย

จากนั้นนำขยะมูลฝอยที่ไม่ใช่ ขยะอันตรายมาทำการแยกประเภทต่อ ดังนี้

ก. ส่วนที่เผาไหม้ได้

ก) กระดาษ (*Paper*) และเศษผ้า

ข) พลาสติก (*Plastic*)

ค) โฟม (*Foam*)

ง) ยาง (*Rubber*)

จ) เศษผัก ผลไม้และอาหาร

ฉ) หนัง (*Leather*) , หนังยาง

ช) ไม้ (*Wood*)

ซ) ผ้า , เศษผ้า (*Textile*)

ข. ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้

ก) โลหะ (*Metal*)

ข) แก้ว (*Glass*)

ค) หิน (*Stone*) , กระจก (*Ceramic*)

ค. อื่นๆ (*Others*)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของมูลฝอย ได้แก่ ขยะมูลฝอยที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างของโรงงาน ในสวนอุตสาหกรรมศรีสุพรรณบุรี

2) ความหนาแน่น (Density)

หมายถึง ค่าสัดส่วนของน้ำหนักของมูลฝอยต่อหน่วยปริมาตรที่มูลฝอยนั้นบรรจุอยู่ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ (1) ความหนาแน่นของมูลฝอยในสถานะเก็บรวบรวมมูลฝอย ซึ่งปกติจะมีการอัดให้แน่นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และ (2) ความหนาแน่นของขยะขนส่ง (Trasported density) หมายถึงความหนาแน่นของมูลฝอยในรถยนต์เก็บมูลฝอยในขยะขนส่งมูลฝอย ซึ่งตามปกติจะถูกทำให้แน่นจากการสั่นสะเทือน และจากการกระทำของเจ้าหน้าที่เก็บขน ในการวิจัยนี้ จะทำการวิเคราะห์เฉพาะความหนาแน่นปกติเท่านั้น

(1) อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นปกติของมูลฝอย ได้แก่ ภาชนะตวงมูลฝอย ความจุ 50 – 200 ลิตร เครื่องชั่งน้ำหนัก และอุปกรณ์สำหรับคลุกเคล้ามูลฝอย เช่น พลั่ว

(2) ขั้นตอนการวิเคราะห์

ก. ชั่งน้ำหนักถังตวงเปล่า (W1)

ข. นำมูลฝอยที่ทำการสุ่มตัวอย่างมาใส่ภาชนะตวงมูลฝอย

ค. ยกภาชนะตวงมูลฝอยสูงจากพื้น 30 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้

กระแทกพื้น 3 ครั้ง หากปริมาณมูลฝอยในภาชนะตวงลดลงกว่าระดับที่กำหนด ให้เติมมูลฝอยลงไปจนได้ระดับ

ง. ชั่งน้ำหนักภาชนะตวงที่มีมูลฝอย (W2)

จ. ทดสอบหาค่าความหนาแน่นหลายๆ ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

การคำนวณ

$$D = (W2 - W1) / V$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นปกติ (Bulk density)

W1 = น้ำหนักภาชนะตวงมูลฝอยเปล่า

W2 = น้ำหนักภาชนะตวงมูลฝอยที่มีมูลฝอย

V = ปริมาตรภาชนะตวงมูลฝอย

3) องค์ประกอบของมูลฝอย (Composition)

(1) อุปกรณ์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอย ได้แก่ โตะ หรือพื้นสำหรับแยกประเภทมูลฝอย ถังมือยาง หน้ากากกันฝุ่นและกลิ่น ถาดอลูมิเนียม หรือ ถังพลาสติก เครื่องชั่งน้ำหนัก และปากคีบ

(2) ขั้นตอนการวิเคราะห์

ก. สุ่มตัวอย่างมูลฝอยมาประมาณ 50 – 200 ลิตร ซึ่งน้ำหนักมูลฝอย

ทั้งหมด

ข. คัดเลือกมูลฝอยแต่ละประเภทและชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$C = W1 * 100 / W$$

เมื่อ C = ร้อยละขององค์ประกอบแต่ละประเภท

W1 = น้ำหนักมูลฝอยแต่ละประเภท

W = น้ำหนักมูลฝอยรวม

4) ความชื้น (Moisture content)

ความชื้น หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในมูลฝอย คิดเป็นร้อยละของปริมาณมูลฝอยทั้งหมดโดยทั่วไปน้ำที่มีอยู่ในมูลฝอยจะเป็นน้ำภายในตัวของมูลฝอยเอง (Inherent water) เช่น น้ำที่มีอยู่ในพืช ผัก เศษอาหาร ซึ่งมีปริมาณ 1/2 ถึง 2/3 ของปริมาณน้ำหนักทั้งหมดและน้ำหนักที่ติดอยู่ภายนอก (Attached water) เช่น น้ำฝน น้ำที่ออกมาจากเศษอาหาร จะมีประมาณ 1/3 ถึง 1/2 ของปริมาณน้ำทั้งหมด

(1) อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ค่าความชื้นของขยะมูลฝอย ได้แก่ ตู้อบ (Hot air oven) ถาดอลูมิเนียมและเครื่องชั่งน้ำหนัก (Moisture content)

(2) ขั้นตอนในการวิเคราะห์

ก. ชั่งน้ำหนักถาดอลูมิเนียมเปล่า แล้วบันทึกน้ำหนัก

ข. สุ่มตัวอย่างมูลฝอย ประมาณ 50 ลิตร ใส่ถาดอลูมิเนียม แล้วชั่งน้ำหนัก

ค. อบมูลฝอยในตู้อบที่อุณหภูมิ 75 – 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 – 4 วัน หรืออบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส มากกว่า 1 ชั่วโมง จนกระทั่งมูลฝอยแห้งสนิท หรือน้ำหนักมูลฝอยคงที่

ง. ชั่งน้ำหนักมูลฝอยที่อบแล้ว

การคำนวณ

$$W = (W1 - W2) * 100 / W1$$

เมื่อ W = ค่าความชื้น (ร้อยละ)
 W1 = น้ำหนักมูลฝอยก่อนอบ
 W2 = น้ำหนักมูลฝอยหลังจากอบแห้ง

5) ปริมาณของแข็งรวม (Total Solids)

ปริมาณของแข็งรวม หมายถึง ปริมาณมูลฝอยที่แห้งสนิท คิดเป็นร้อยละของปริมาณมูลฝอยทั้งหมด ซึ่งสามารถทราบได้จากน้ำหนักมูลฝอยที่ปราศจากน้ำหรือความชื้น

การคำนวณ

$$T = 100 - W$$

เมื่อ T = ปริมาณของแข็งรวม
 W = ค่าความชื้น

6) ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Solids)

ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ หมายถึง ส่วนของมูลฝอยที่สามารถเผาไหม้ได้ที่ความร้อนสูง ซึ่งคิดเป็นร้อยละของปริมาณมูลฝอยทั้งหมด

(1) อุปกรณ์ในการวิเคราะห์การหาปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ ตู้อบ (Hot air oven) เครื่องชั่งน้ำหนัก ตู้ดูดความชื้น (Desiccator) เครื่องบดมูลฝอย (Grinder) เตาเผา (Furnace) และถ้วยกระเบื้องทนความร้อน (Porcelain Crucible)

(2) ขั้นตอนการวิเคราะห์

ก. บดมูลฝอยที่อบแห้งสนิทแล้วให้มีขนาด 1.0 มิลลิเมตร

ข. อบมูลฝอยให้ตู้อบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง

ค. ปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น

ง. สุ่มตัวอย่างประมาณ 3 – 6 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องทนความร้อนที่ทราบ

น้ำหนักแล้ว

จ. ชั่งน้ำหนักรวมของมูลฝอยและถ้วยกระเบื้อง

ณ. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 – 650 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง

ช. ปล่อยทิ้งให้เย็น ในตู้ดูดความชื้นประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง

ซ. ชั่งน้ำหนักมูลฝอยพร้อมถ้วยกระเบื้อง

การคำนวณ

$$V = (W1 - W2) * 100 / W1$$

เมื่อ V = ค่าปริมาณของแข็งรวมที่เผาไหม้ได้ (ร้อยละ)

W1 = น้ำหนักมูลฝอยก่อนเผา

W2 = น้ำหนักมูลฝอยหลังเผา

7) ปริมาณเถ้า (Ash Content)

ปริมาณเถ้า หมายถึง ส่วนของมูลฝอยที่เหลือจากการเผาไหม้ โดยคิดเป็น ร้อยละของปริมาณมูลฝอยทั้งหมด หาได้จากการคำนวณ หรือคิดจากน้ำหนักของมูลฝอยที่เหลือ หลังจากเผาในถ้วยกระเบื้องทนความร้อนที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

การคำนวณ

$$\text{Ash Content} = T - V$$

เมื่อ Ash Content = ร้อยละของปริมาณเถ้า

T = ร้อยละของปริมาณของแข็งรวม

V = ร้อยละของปริมาณสารที่เผาไหม้ได้

8) ปริมาณความร้อน (Calorific value)

ปริมาณความร้อน หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มูลฝอย โดยให้ สันดาปกับก๊าซออกซิเจนบริสุทธิ์ในพื้นที่จำกัด มีหน่วยเป็นปริมาณต่อน้ำหนักของมูลฝอย ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น

(1) Higher Heating Value (HHV) คือค่าปริมาณความร้อนเฉลี่ยขององค์ประกอบมูลฝอยเมื่อน้ำ (H_2O) ในผลิตภัณฑ์ (product) ที่เกิดจากการเผาไหม้ อยู่ในสถานะของเหลว

(2) Lower Heating Value (LHV) คือค่าปริมาณความร้อนเฉลี่ยขององค์ประกอบมูลฝอยเมื่อน้ำ (H_2O) ในผลิตภัณฑ์ (product) ที่เกิดจากการเผาไหม้ อยู่ในสถานะก๊าซ

9) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างมูลฝอย ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Organic – Nitrogen หรือ Ammonium – Nitrogen

10) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด หมายถึง ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมดในรูปของสารประกอบออร์โธฟอสเฟต (Ortho – phosphate)

11) ปริมาณคาร์บอน (Carbon , C) ของมูลฝอย

ค่าปริมาณของ Carbon (%) คำนวณได้จาก

$$\text{Carbon (\%)} = \text{Volatile solids (\%)} / 1.8$$

12) ค่าปริมาณไฮโดรเจน (Hydrogen ,H) ของมูลฝอย

ค่าประมาณของ Hydrogen (%) คำนวณได้จาก

$$\text{Hydrogen (\%)} = \text{Volatile solids (\%)} / 16$$

3. การทดสอบประสิทธิภาพและตรวจสอบคุณภาพอากาศ

ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผามูลฝอยจะประกอบไปด้วยการทดสอบประสิทธิภาพ ภายในการเผาทำลายขยะอุตสาหกรรมว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในการออกแบบหรือไม่ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูล อัตราการเผาไหม้ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ อัตราการใช้เชื้อเพลิง ปริมาณขี้เถ้า ค่าใช้จ่ายในการเผาและมีการตรวจค่าการปล่อยระบายนสารมลพิษว่ามีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

3.1 ดัชนี (parameter) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเตาเผาขยะอุตสาหกรรมที่ได้สร้างขึ้น จะทำการบันทึกข้อมูล จากการปฏิบัติงานทุกครั้ง ซึ่งข้อมูลต่างๆ ประกอบด้วย

3.1.1 ข้อมูลอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งและสอง

3.1.2 ข้อมูลอัตราการป้อนขยะเข้าเตาเผา (อัตราการเผาทำลาย)

3.1.3 ข้อมูลปริมาณและคุณภาพขี้เถ้าที่เหลือจากการเผา

3.1.4 ข้อมูลคุณภาพอากาศที่ปล่อยออกจากระบบ สำหรับก๊าซพื้นฐาน คือ NO_x ,

SO_2 , CO

3.1.5 ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปฏิบัติงาน เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

3.1.6 ข้อมูลการชำรุดของอุปกรณ์ เช่น หัวเผา อิฐทนไฟ หัวฉีด ฯลฯ เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาระบบ

3.1.7 ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความยากง่ายในการปฏิบัติงานของพนักงาน ปัญหาและอุปสรรคที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ยังทำการบันทึกผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ในส่วนของก๊าซตามมาตรฐานการปล่อยก๊าซเสีย จากปล่องระบายเตาเผา ตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรมและของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ก๊าซที่ทำการตรวจวัดในการทดสอบคุณภาพอากาศ มีดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ดัชนี (parameter) ที่ตรวจวัดในการทดสอบคุณภาพอากาศ

ดัชนี (parameter)	วิธีการตรวจวัด	ระบบตรวจวัด
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	US EPA method 10 or equivalent	IR Filter Correlation monitor
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	US EPA method 6, 8 or equivalent	UV Fluorescence SO ₂ Analyzer
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x as NO ₂)	US EPA method 7 or equivalent	Chemiluminescence NO _x -NO ₂ Analyzer
อนุภาคแขวนลอย (TSP)	US EPA method 5 or equivalent	Ambient Suspended Particulate monitor
ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)	US EPA method 26 or equivalent	
ความทึบแสง (opacity)	US EPA method 9 or equivalent	

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย, พ.ศ. 2540

3.1.8 ดัชนีที่ใช้ในการทดสอบและตรวจวัด มีดังนี้

1) การตรวจวัดอุณหภูมิ การตรวจวัดอุณหภูมิขณะปฏิบัติงาน เพื่อให้ทราบถึงสถานะการเผาไหม้ของขยะอุตสาหกรรม ด้วยเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ได้ออกแบบและตรวจสอบคุณภาพอากาศ ในส่วนของก๊าซตามมาตรฐานที่ปล่อยจากปล่องระบายเตาเผาในช่วงอุณหภูมิที่ครอบคลุมการทำงานของระบบ ทั้งนี้โดยจะทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล ซึ่งมีช่วงอุณหภูมิการวัดที่ 0 – 1,000° องศาเซลเซียส ที่ 2 ตำแหน่ง คือ

(1) ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง

(2) ห้องเผาไหม้ที่สอง

ทั้งนี้ สัญญาณอุณหภูมิที่ได้จะถูกส่งมายังระบบควบคุม เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวงจรในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หัวเผา พัดลมอัดอากาศ และจะถูกบันทึกเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ ต่อไป

2) การบันทึกข้อมูลของขยะอุตสาหกรรม

การบันทึกข้อมูลของขยะอุตสาหกรรม ประกอบด้วยข้อมูลทางกายภาพต่างๆ ของขยะอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นส่วนของขยะที่เผาไหม้ได้ที่ได้ทำการคัดแยกไว้แล้ว นำเข้าเผาในเตาเผา โดยจะบันทึกทั้งก่อนนำเข้าและหลังการเผาไหม้เรียบร้อยแล้ว ดังนี้

- (1) สุ่มตัวอย่างเพื่อหาค่าประกอบทางกายภาพของขยะก่อนนำเข้าเตาเผา
- (2) บันทึกน้ำหนักและความหนาแน่นของขยะก่อนเผา รวมทั้งเก็บตัวอย่างหลังการเผา
- (3) ความชื้นของขยะ (โดยประมาณ)
- (4) อัตราการป้อนขยะ (ปริมาณต่อเวลา)
- (5) ปริมาณเถ้าจากการเผาไหม้ (เทียบเป็นร้อยละ)
- (6) ความหนาแน่นของเถ้า

การบันทึกข้อมูลจะกระทำโดยการสังเกตและการชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่ง

3) การบันทึกข้อมูลค่าใช้จ่าย

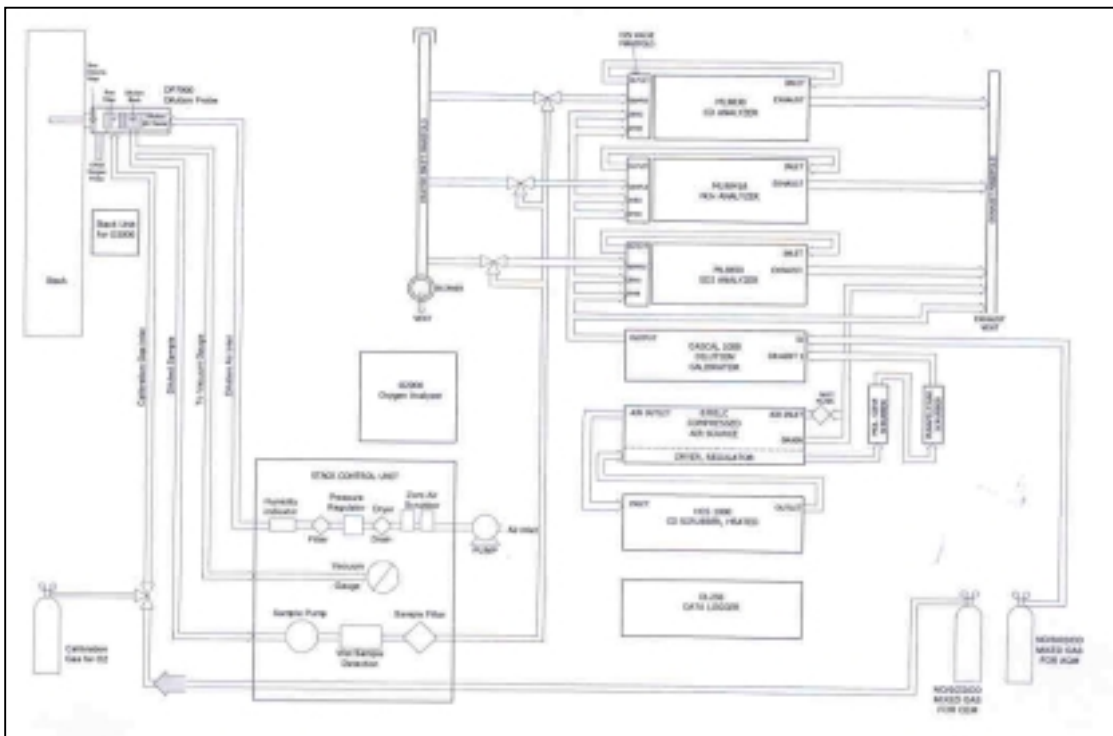
ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานของระบบขณะทำการทดสอบจะถูกบันทึกไว้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการปฏิบัติงานจริง และใช้ในการปรับปรุงระบบเตาเผาชนิดควบคุมอากาศ ให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด ต่อไป ทั้งนี้บันทึกเป็นมูลค่าต่อปริมาณมูลฝอยที่กำจัด แบ่งเป็นค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังนี้

- (1) ค่าไฟฟ้าสำหรับระบบควบคุมทั้งหมด
- (2) ค่าเชื้อเพลิงสำหรับหัวเผา
- (3) ค่าซ่อมแซมและอะไหล่จากการประเมิน
- (4) ค่าใช้จ่ายแรงงานพนักงานปฏิบัติการ
- (5) ค่าใช้จ่ายอื่นๆ

4) การบันทึกข้อมูลคุณภาพอากาศ

ข้อมูลคุณภาพอากาศจากระบบเตาเผาจะถูกแบ่งเป็นสองส่วน คือ การวัดแบบต่อเนื่อง และการวัดแบบชักตัวอย่าง (ตามวิธีการของ US.EPA)

(1) การวัดแบบต่อเนื่อง เป็นการตรวจวัดโดยชักตัวอย่างอากาศและก๊าซที่ได้เข้าสู่เครื่องวิเคราะห์ความเข้มข้น ประกอบด้วยระบบตรวจวัด คุณภาพอากาศ ในบรรยากาศระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศในปล่องระบายและระบบเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ซึ่งจะให้ผลการตรวจวัดออกมาในทันที (on – line monitoring) ข้อดีของวิธีการตรวจวัดนี้คือทำให้สามารถทราบแนวโน้มและพฤติกรรมการเกิด มลพิษอากาศว่าเกิดขึ้นเมื่อใดและอย่างไร และมีความสัมพันธ์กับดัชนี ในการปฏิบัติงานอื่นๆ เช่น อัตราการป้อนขยะมูลฝอย ความถี่ในการป้อนขยะมูลฝอย ลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย ว่าเป็นไปในลักษณะอย่างไร ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบเตาเผาต่อไป



ภาพที่ 3.1 เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศและปล่องระบายของรถตรวจสภาพอากาศแบบเคลื่อนที่

การวัดแบบต่อเนื่องนี้จะวัดดัชนีที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการเผาไหม้ เช่น ปริมาณ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ ตามมาตรฐาน ซึ่งกำหนดโดย US.EPA มีรายละเอียดของระบบต่างๆ เป็น ดังต่อไปนี้

ก. ระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

เป็นระบบตรวจวัดซึ่งสามารถรายงานผลการตรวจวัดได้อย่างทันที (on-line monitoring) ระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศประกอบด้วย

ก) เครื่องตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ (IR Filter Correlation monitor)

เครื่องตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ใช้หลักการวัดการดูดซับแสงอินฟราเรดของคาร์บอนมอนอกไซด์ และทำการเปรียบเทียบกับคาร์บอนมอนอกไซด์อ้างอิง (CO Reference) วิธีนี้ก่อให้เกิดความแม่นยำ ในการวัดมากขึ้น

หลักการทำงานของเครื่องตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์แสดงในภาพที่ 3.2 อากาศ ซึ่งมีก๊าซ CO จะไหลเข้าสู่ Optical bench และไหลออกไปจากห้อง

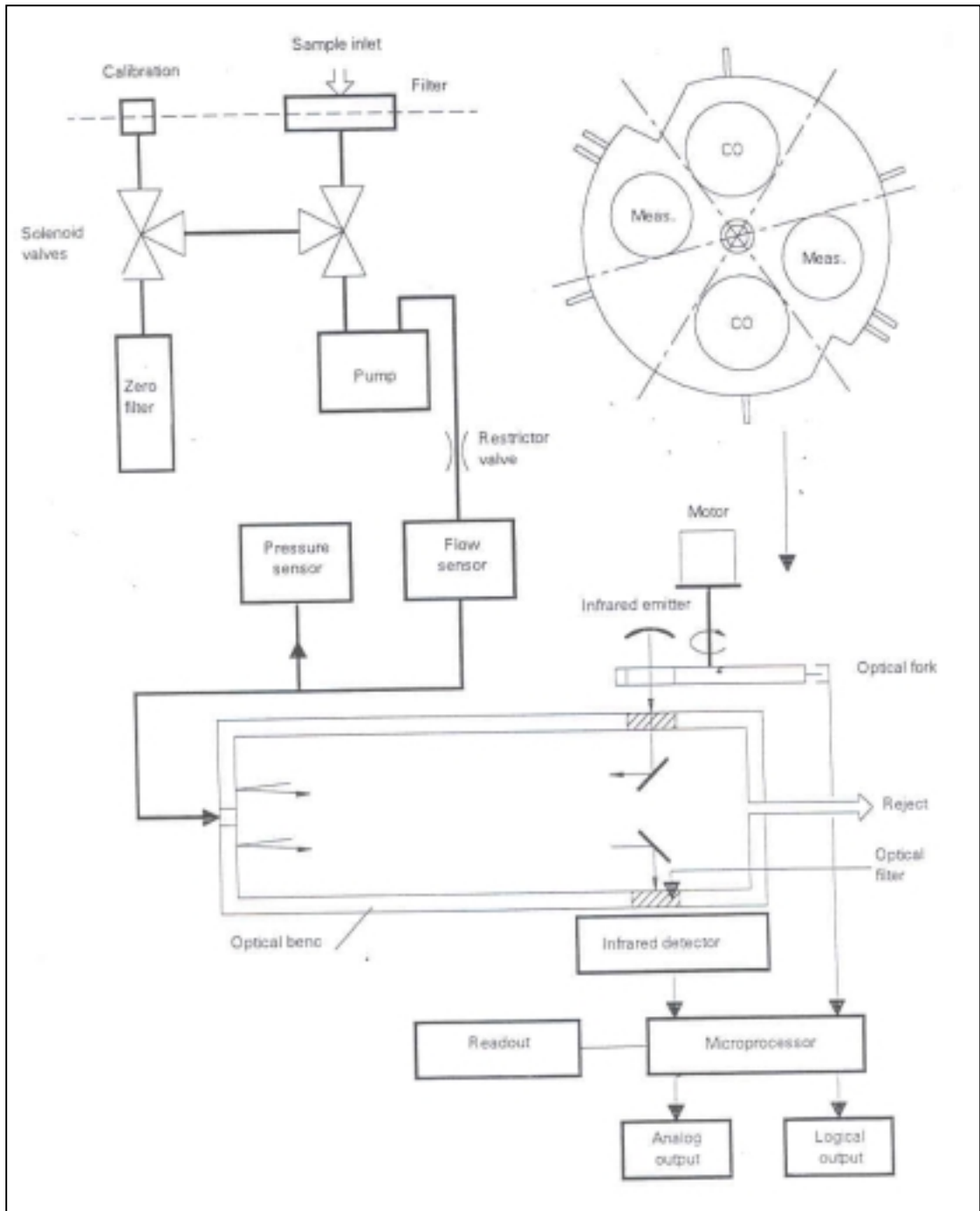
แหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด (Infrared emitter) ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของ optical bench จะเปล่งแสงอินฟราเรดผ่านวงล้อสัมพันธ์ (Correlation Wheel) ผ่าน Optical bench และ Optical Filter ซึ่งกรองแสงที่มีความยาวคลื่น 4.7 μm ก่อนที่จะเข้าสู่ Infrared Detector เพื่ออ่านค่าความเข้ม แสง

Correlation Wheel ถือว่าเป็นหัวใจหลักในการตรวจวัด ในครึ่งวงล้อจะพบว่า แบ่งออกเป็นสามส่วน (ดูภาพมุมบนขวา)

ส่วนแรกเป็นส่วนทึบแสง ซึ่งเมื่อส่วนนี้หมุนผ่านแหล่งกำเนิดแสงที่จะไม่มีแสง เข้าไปใน optical bench ดังนั้นสัญญาณที่อ่านได้จะมีค่าเท่ากับศูนย์

ส่วนที่สองเป็นช่วงวงกลมว่าง (Meas) เมื่อส่วนนี้ผ่านแหล่งกำเนิดแสงก็จะผ่านให้ แสงเข้าไปใน optical bench โดยตรงและอ่านค่าความเข้มขึ้นของก๊าซ

ส่วนที่สามเป็นช่องที่ภายในบรรจุก๊าซ CO ความเข้มขึ้นสูง เมื่อส่วนนี้ผ่านแหล่ง กำเนิดแสงก็จะทำให้อ่านค่าของ CO Reference เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ต่อไป



ภาพที่ 3.2 เครื่องตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ข) เครื่องตรวจวัดไนโตรเจนออกไซด์ (Chemiluminescence NO_x - NO_2 Analyzer)

เครื่องตรวจวัดไนโตรเจนออกไซด์ใช้หลักการเปล่งแสงเมื่อก๊าซ NO ถูกกระตุ้นด้วยก๊าซโอโซน (O_3) และเปลี่ยนเป็นก๊าซ NO_2 ในสถานะ excite state ตามสมการดังนี้

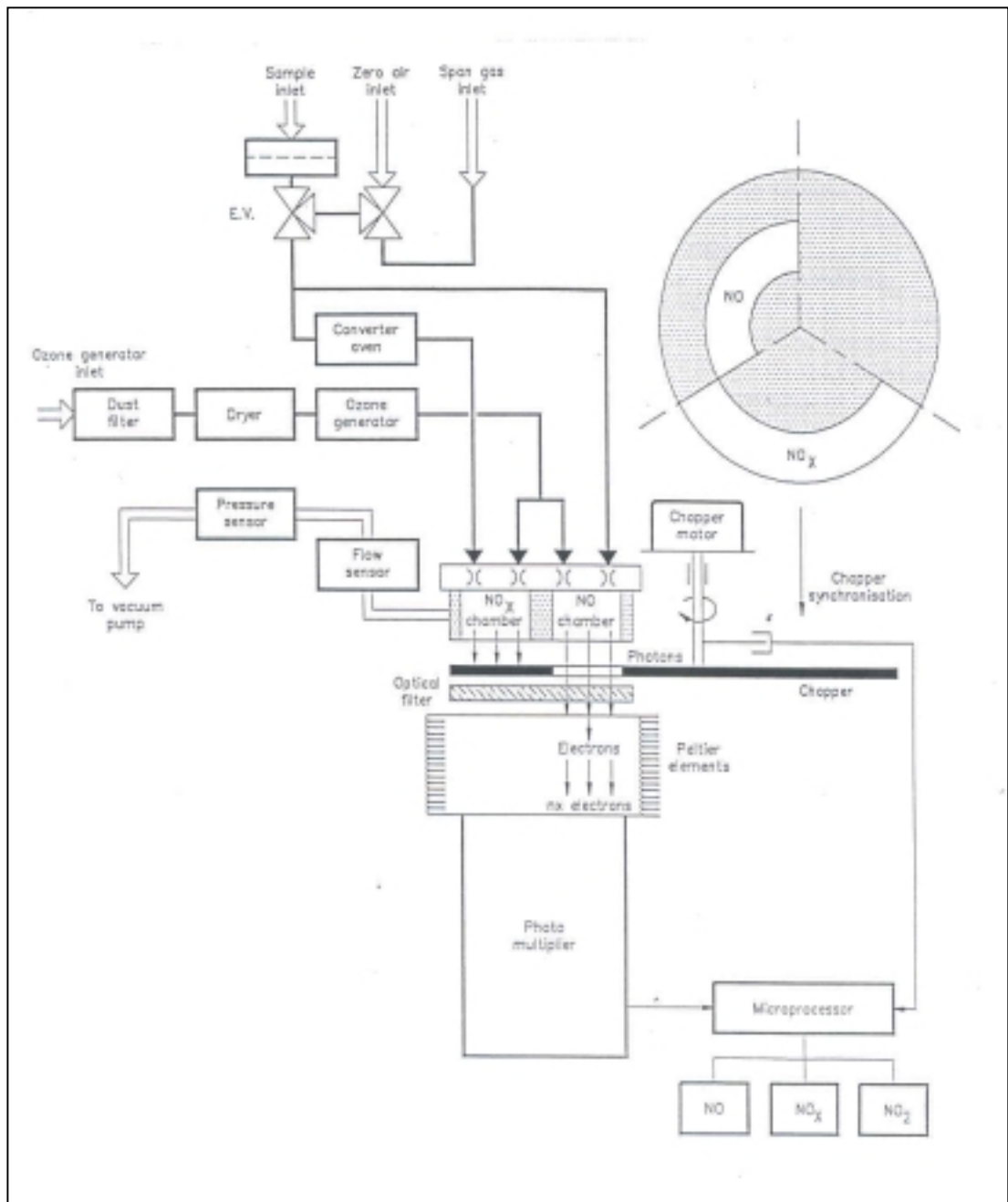


และ NO_2 ในสถานะนี้จะเปล่งแสงออกมาซึ่งเครื่องวิเคราะห์สามารถอ่านค่าความเข้มแสงและแปลกลับเป็นความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์

เครื่องตรวจวัดสามารถตรวจวัดก๊าซ NO และ NO_2 ได้ตามแผนภาพที่แสดงใน ภาพที่ 3.3 ก๊าซ NO ซึ่งต้องการตรวจวิเคราะห์คุณภาพจะไหลเข้าสู่ NO chamber โดยตรง ในขณะที่ก๊าซ NO_2 จะเปลี่ยนเป็นก๊าซ NO ใน Converter oven โดยใช้สาร molydenum และไหลเข้าสู่ NO_x chamber ก๊าซโอโซนจาก Ozone generator จะไหลเข้าสู่ห้องทั้งสองเพื่อทำปฏิกิริยาดังกล่าวข้างต้น แสงที่เปล่งออกมาในแต่ละห้องจะถูกตรวจจับโดย Photomultiplier โดยมีแผ่น Chopper เป็นตัวกำหนดการวัด NO หรือ NO_2

ก๊าซ NO_x จะเป็นผลรวมของก๊าซ NO และ NO_2 ที่ตรวจวัดได้ นั่นคือ

$$NO_x = NO + NO_2$$

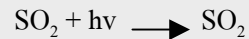


ภาพที่ 3.3 เครื่องตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์

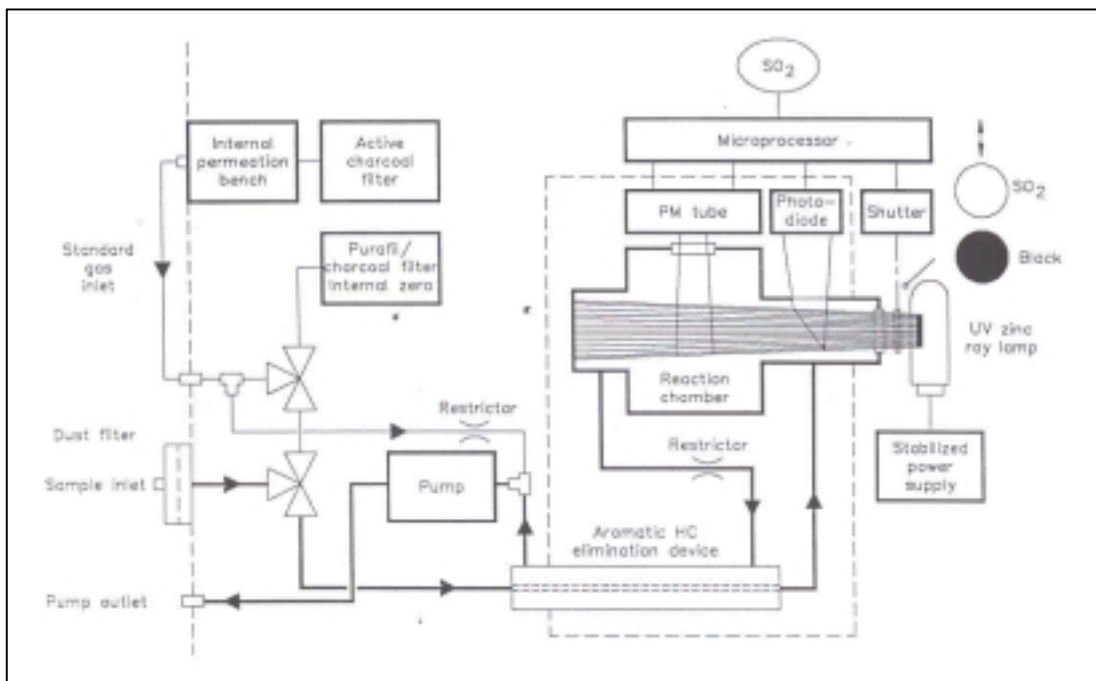
ค) เครื่องตรวจวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (UV Fluorescence SO₂

Analyzer)

เครื่องตรวจวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใช้หลักการตรวจวัดพลังงานที่ก๊าซ SO₂ ในสถานะ excite state ดูดซับเอาไว้จากแสง Fluorescence ที่จ่ายให้ตามสมการ ดังนี้



หลักการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์แสดงในภาพที่ 3.4 อากาศซึ่งต้องการตรวจวิเคราะห์จะไหลผ่าน Aromatic HC elimination device เพื่อกำจัดสารไฮโดรคาร์บอนที่ก่อนวิเคราะห์ เนื่องจากความยาวคลื่นของสารนี้ใกล้เคียงกับความยาวคลื่นในการดูดซับพลังงานของ SO₂ หลังจากผ่านอุปกรณ์ดังกล่าวแล้ว อากาศซึ่งมีก๊าซ SO₂ จะผ่านเข้า Reaction Chamber ซึ่งมีแสง Fluorescence จาก UV Zinc Ray Lamp กระทบความยาวคลื่นที่ 214 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่ SO₂ ดูดซับพลังงานไว้ หลอด PM tube จะอ่านค่าพลังงานที่ SO₂ ดูดซับไว้ตามความเข้มข้นและแปลงค่าเป็นความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต่อไป



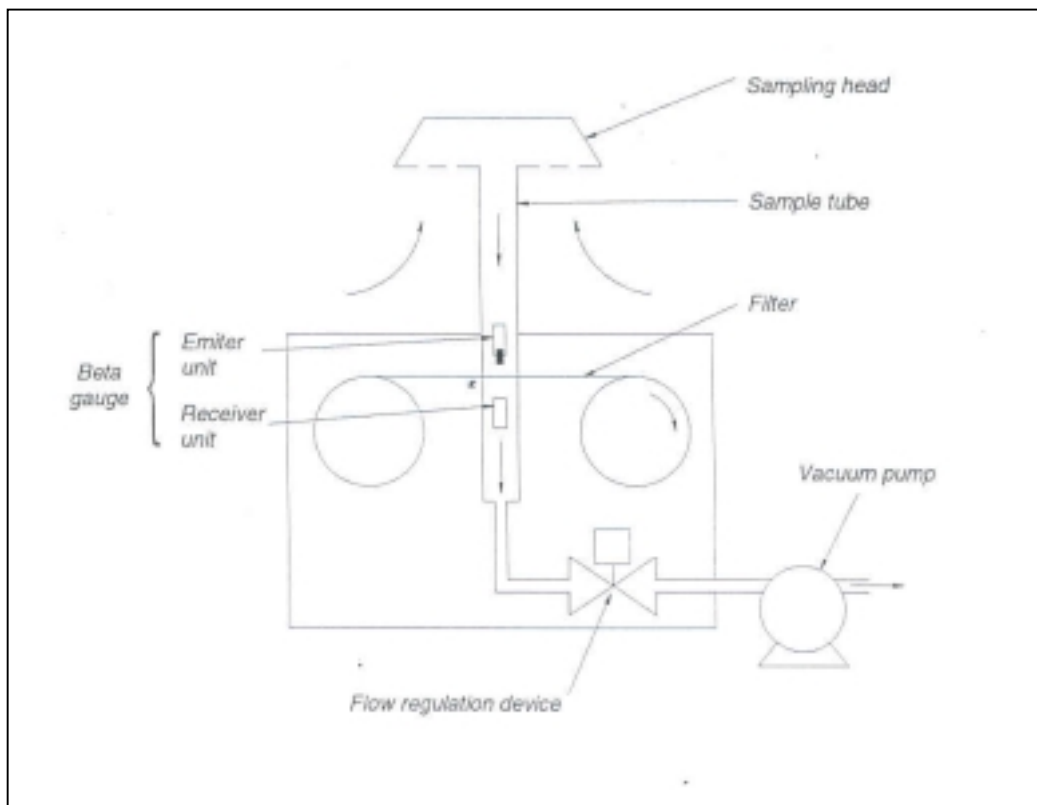
ภาพที่ 3.4 เครื่องตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ง) เครื่องตรวจวัดสารแขวนลอยในอากาศ (*Ambient Suspended Particulate Monitor*)

เครื่องตรวจวัดสารแขวนลอยในอากาศสามารถทำการตรวจวัดสารแขวนลอยได้ทั้งชนิด TSP และ PM10 โดยให้ผลการตรวจวัดทันที (เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิมซึ่งไม่สามารถรายงานผลทันที อีกทั้งยังมีความผิดพลาดจากการวัดมาก)

หลักการทำงานของเครื่องแสดงในภาพที่ 3.5 อากาศจะถูกดูดผ่าน sampling head ไหลผ่าน sampling tube ซึ่งมีการให้ความร้อนเพื่อป้องกันการกลั่นตัวของน้ำและไหลผ่านกระดาษกรอง (Filter) ซึ่งฝุ่นจะเกาะอยู่บนกระดาษนี้ อากาศที่ผ่านกระดาษกรองจะไหลผ่านปั๊ม ออกนอกเครื่องไป

ในการวัดปริมาณฝุ่นที่อยู่บนกระดาษกรองจะใช้หลักการตรวจนับรังสีBeta ที่ผ่านกระดาษกรองที่มีฝุ่นเกาะติดอยู่ โดยใช้เครื่อง Geiger – Muller Counter ในการนับปริมาณรังสีและอ่านค่าเป็นปริมาณฝุ่นต่ออัตราการไหลของอากาศที่ผ่านเข้ามา



ภาพที่ 3.5 เครื่องตรวจวัดสารแขวนลอยในอากาศ

ข. ระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศในปล่องระบาย

เป็นระบบที่สามารถวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายโดยใช้เครื่องตรวจวัดชุดเดียวกับเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (ยกเว้นฝุ่น) โดยมีอุปกรณ์พิเศษ ดังนี้

ก) หัววัดชนิดเจือจางความเข้มข้น (Dilution Probe) อากาศที่อยู่ในปล่องระบายจะถูก ดูดผ่าน dilution probe และทำการเจือจางความเข้มข้นด้วยอากาศบริสุทธิ์ (pure air) ตามอัตราส่วนที่ต้องการก่อนที่จะผ่านเข้าเครื่องวิเคราะห์ก๊าซในหัวข้อ ก. วิธีนี้ได้รับการยอมรับให้เป็นวิธีการตรวจวัดที่ได้มาตรฐานทั้งในสหรัฐอเมริกาและในยุโรป การควบคุมการเจือจางกระทำได้โดย เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพทำให้มั่นใจได้ว่าความเข้มข้นที่อ่านได้ไม่มีการผิดพลาด

ข) เครื่องวัดฝุ่นจากปล่องระบายตาม US.EPA Method 5

(2) การวัดแบบชักตัวอย่าง เป็นการชักตัวอย่างอากาศ เพื่อเข้าเก็บไว้ทำการวิเคราะห์ ในห้องปฏิบัติการตามวิธีที่กำหนด โดย US.EPA เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบค่ามาตรฐานมลพิษอากาศ วิธีนี้จะได้ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของมลพิษอากาศ

5) การบันทึกข้อมูลอื่นๆ

ทำการบันทึกข้อมูลอื่นๆ ในระหว่างการทดสอบ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของระบบ ได้แก่ การชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ การวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษในแก๊สที่เกิดจากการเผา และปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพ

3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร ได้แก่ ขยะอุตสาหกรรมซึ่งเป็นประเภทขยะทั่วไปที่สามารถเผาไหม้ได้ทั้งหมดที่รวบรวมจากโรงงานในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ตัวอย่าง ได้แก่ ขยะที่ถูกสุ่มเป็นตัวแทนจากประชากรโดยวิธีการสุ่มแบบ quartering

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ เตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พร้อมติดตั้งอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการวิจัย มีรายละเอียด ดังนี้

1) การออกแบบระบบเตาเผาขยะ

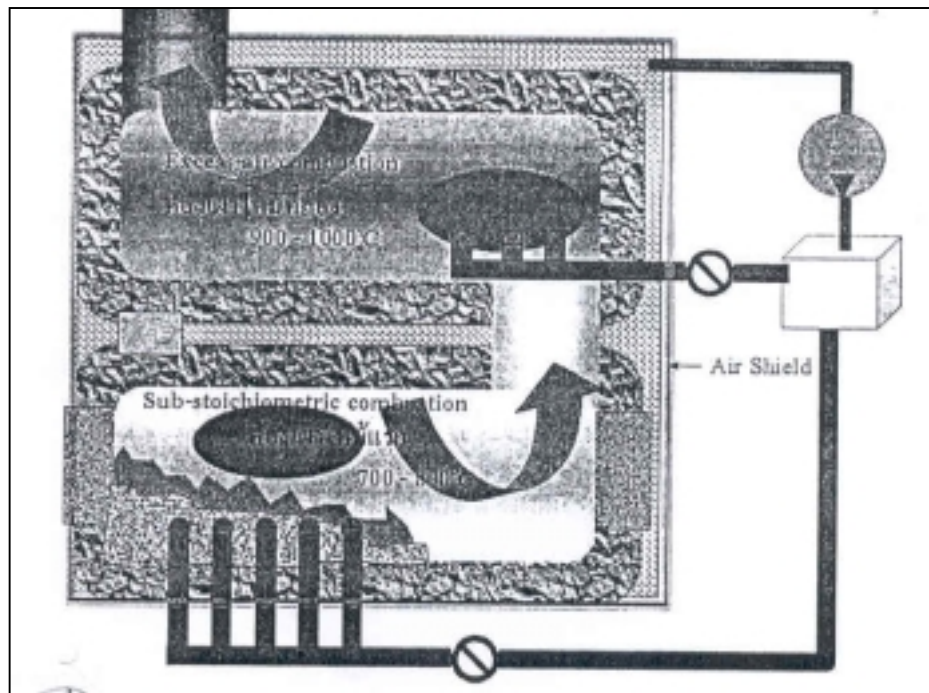
การออกแบบระบบเตาเผาขยะอุตสาหกรรมของโครงการสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ได้พิจารณาถึงการออกแบบระบบที่ก่อสร้างได้ง่าย การปฏิบัติงานทำได้สะดวก ราคาไม่สูง และการบำรุงรักษาสามารถทำได้โดยช่างที่ปฏิบัติงาน ซึ่งมีหลักเกณฑ์การออกแบบดังนี้

(1) ข้อมูลทั่วไปของเตาเผาขยะ

ก. ขอบเขตงาน

เตาเผาขยะเป็นเตาเผาที่ใช้วัฏกรรมการเผาไหม้แยกส่วนอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ระหว่างการเผาขยะแข็งกับก๊าซไอเสียออกจากกัน พร้อมกับการนำความร้อนที่สูญเสียจากการเผาไหม้กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 3.6 ทำให้ประหยัดพลังงานและลดมลพิษสามารถเผาทำลายขยะได้ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 2 ตันต่อวัน (8 ชั่วโมง)

ข. หลักการออกแบบ



ภาพที่ 3.6 เตาเผาขยะแบบแยกส่วนอากาศพร้อมการนำพลังงานความร้อนกลับมาใช้ใหม่

องค์ประกอบของเตาเผาถูกออกแบบให้มีสองห้องเผาไหม้ ลักษณะเป็นทรงกระบอกนอนวางซ้อนกันในแนวดิ่ง โดยห้องเผาไหม้แรกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.95 เมตร ยาว 1.71 เมตร ปริมาตร 1.2 ลูกบาศก์เมตร ติดตั้งหัวเผาและช่องจ่ายอากาศ เพื่อป้อนอากาศให้เกิดการเผาไหม้ในลักษณะใต้เปลวไฟ (Underfire air) ซึ่งกระบวนการเผาไหม้จะควบคุมให้มีการจ่าย

อากาศประมาณ 70 – 80 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณอากาศที่ต้องการตามทฤษฎี (Stoichiometric) หัวเผาจะทำหน้าที่เพียงช่วงเริ่มต้นเผาไหม้เท่านั้น เมื่อขยะสามารถทำการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเองแล้ว การเผาไหม้จะเป็นไปตามหลักของการเผาไหม้แบบไพโรไลซิส (Starved or Split-Air Combustion , Pyrolysis Process) ก๊าซที่เผาไหม้ได้ เช่น CO , H₂ จะระเหิดออกมาจากขยะด้วยกระบวนการแตกตัวทางความร้อน (Thermal Cracking) และไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่สอง

ห้องเผาไหม้ที่สองประกอบด้วยหัวเผาและช่องจ่ายอากาศเช่นกัน แต่จะแตกต่างกันที่หัวเผาจะทำหน้าที่รักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ให้คงที่และทำให้ก๊าซที่ไหลมาจากห้องเผาไหม้แรกเปลี่ยนสภาพกลายเป็นก๊าซสมบูรณ์ และจะจ่ายอากาศที่ปริมาณประมาณ 140 – 200 เปอร์เซ็นต์ ของอากาศที่ต้องการทางทฤษฎี เพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปตามอย่างสมบูรณ์ ทำให้ไม่เกิดควันดำ โดยห้องเผาไหม้ที่สองนี้จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.75 เมตร ยาว 1.5 เมตร ปริมาตร 0.66 ลูกบาศก์เมตร และเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (residence time or retention time) ไม่ต่ำกว่า 2 วินาที

นอกจากการออกแบบให้เตาเผาทำงานแบบแยกส่วนอากาศแล้วยังมีคำนึงถึงความร้อนสูญเสียที่ไหลออกผ่านผนังเตาเผาอีกด้วย เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานจึงได้ติดตั้งแผงกั้นอากาศ (air shield) เพื่อเก็บความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังห้องเผาไหม้และใช้พัดลมดูดอากาศที่แลกเปลี่ยนความร้อนแล้วนี้ส่งเข้าห้องเผาไหม้แต่ละห้อง อันจะช่วยให้ประหยัดพลังงานเป็นอันมาก

ค. ขั้นตอนการทำงาน

ด้วยความสามารถของเตาเผาในการทำลายขยะ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผู้ควบคุมหรือผู้ปฏิบัติงานควรป้อนขยะอย่างต่อเนื่องประมาณทุกๆ 15 นาที ต่อครั้งๆ ละประมาณ 25 กิโลกรัม หรือในกรณีที่ขยะมีความหนาแน่นทำให้พิจารณาจากปริมาตรของขยะ โดยไม่ควรเกินกว่า 1 ใน 3 ของปริมาตรห้องเผาไหม้แรก ซึ่งขยะที่จะป้อนเข้าเตาเผาควรมีการเตรียมให้เรียบร้อยโดยการใส่ถุงหรือกล่องเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการป้อน และควรระมัดระวังไม่ป้อนขยะที่สามารถเกิดการระเบิดได้เข้าไปในเตาเผา เช่น กระป๋องสเปรย์หรือภาชนะที่มีความดัน

ง. มิติภายนอกของเตาเผา

ความสูงรวมของเตาเผาไม่รวมปล่องคือ 2.70 เมตร โดยมี การต่อปล่องควันสูงรวม 10 เมตร จากพื้น ความกว้างและความยาวของเตาเผาทั้งหมดเป็น 1.25 x 2.01 ตารางเมตร ไม่รวมอุปกรณ์ต่างๆ ที่อาจยื่นออกมาเหนือพื้น ซึ่งภายนอกทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 4.5 มิลลิเมตรม้วนและเชื่อมประสาน สำหรับพื้นที่ในการติดตั้งควรมีอย่างน้อย 5.0 x 6.0

ตารางเมตร และ โรงเรือนที่จะติดตั้งควรมีความสูงของเพดานอย่างน้อย 4.50 เมตร ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในขณะปฏิบัติงานและขณะตรวจวัดคุณภาพอากาศ

จ. ผนังภายนอก

ผนังภายนอกเป็นเหล็กแผ่นทนแรงดันสูง (high gauge steel) หนา 4.5 มิลลิเมตร ม้วนเป็นทรงกระบอกและเชื่อมประสานเต็มแนว และผนังภายนอกที่เป็นเหล็กจะทาเคลือบด้วยสีทนความร้อน (heat resistant paint) จำนวนสองชั้นผนังกันอากาศทำด้วยเหล็กแผ่นบาง ด้านในบุฉนวนใยแก้ว

ฉ. ผนังภายใน

ผนังภายในห้องเผาไหม้เป็นอิฐทนไฟชนิดให้ความแข็งแรงสูงเป็นพิเศษหนา 10.0 เซนติเมตร ทนอุณหภูมิได้ถึง 1,300 องศาเซลเซียส ก่อขึ้นรูปพร้อมจับยึดกับผนังภายนอกด้วยหนามเตย ระหว่างผนังภายในและภายนอกเป็นฉนวนทนความร้อนแบบแผ่น (Blanket type Insulator) หนา 2.5 เซนติเมตร ดังนั้นความหนารวมของผนังเตาเผาจะประมาณ 13 เซนติเมตร

ช. ฉนวน

ระหว่างผนังภายในและภายนอกเป็นฉนวนทนความร้อนแบบแผ่นมาตรฐาน หนา 2.5 เซนติเมตร ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 1,260 องศาเซลเซียส

ซ. ประตู

รูปร่างกลมเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1.25 เมตร ทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 4.5 มิลลิเมตร ขึ้นรูปและหล่อด้วยคอนกรีตทนไฟหนา 100 มิลลิเมตรพร้อมบุปะเก็บทนความร้อน ประกอบติดกับตัวเตาเผาและมีช่องเปิดสำหรับสำหรับป้อนขยะอัตโนมัติ และมีระบบล๊อคขณะปิดไม่ให้ควันรั่วไหลทางประตู

ณ. ปล่องควัน

ในส่วนที่ต่อจากเตาทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 1.5 มิลลิเมตร ม้วนเป็นทรงกระบอกและหล่อด้วยคอนกรีตทนไฟหนา 5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 30 เซนติเมตร สูง 1.2 เมตร และในส่วนที่ต่อจากนั้นทำด้วยเหล็กสแตนเลส (Stainless Steel) ขนาดความหนา 1.5 มิลลิเมตร ม้วนและต่อประกอกับส่วนแรก การต่อประกอกันทั้งหมดทำโดยใช้หน้าแปลน โดยมีความสูงของปลายปล่องจากพื้นรวม 10 เมตร พร้อมติดตั้งสายล่อฟ้า และสลึงยึดจำนวน 3 แนว

ญ. หัวเผา

ประกอบด้วยหัวเผาสองหัว คือหัวเผาขยะและหัวเผาคัน

โดยหัวเผาขยะสำหรับห้องเผาไหม้แรกมีขนาดกำลังเฉลี่ยประมาณ 200 กิโลวัตต์ ความสิ้นเปลืองน้ำมันประมาณ 16 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หัวเผาวันสำหรับห้องเผาไหม้ที่สองมีขนาดกำลังเฉลี่ย 300 กิโลวัตต์ ความสิ้นเปลืองน้ำมันประมาณ 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทั้งนี้ความสิ้นเปลืองน้ำมันขึ้นอยู่กับความชื้นและค่าความร้อนของขยะ หัวเผาทั้งสองยึดติดกับเตาเผาด้วยหน้าแปลน ควบคุมการทำงานให้สัมพันธ์กับอุณหภูมิการเผาไหม้และการจ่ายอากาศของพัดลมอัดอากาศ ซึ่งจะมีวาล์วควบคุมที่ท่อจ่ายอากาศก่อนป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ สำหรับระบบไฟฟ้าที่ใช้ระบบ 220 / 380 โวลต์ สามเฟส ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์

ฎ. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันสูงสุดประมาณ 22 ลิตรต่อชั่วโมง

ในขณะที่ปฏิบัติงานจริงค่าดังกล่าวอาจเปลี่ยนแปลงตามสภาวะการเผาไหม้ จากประสบการณ์พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันอยู่ระหว่าง 10 – 20 ลิตรต่อชั่วโมง

ฎ. ข้อมูลเทคนิค

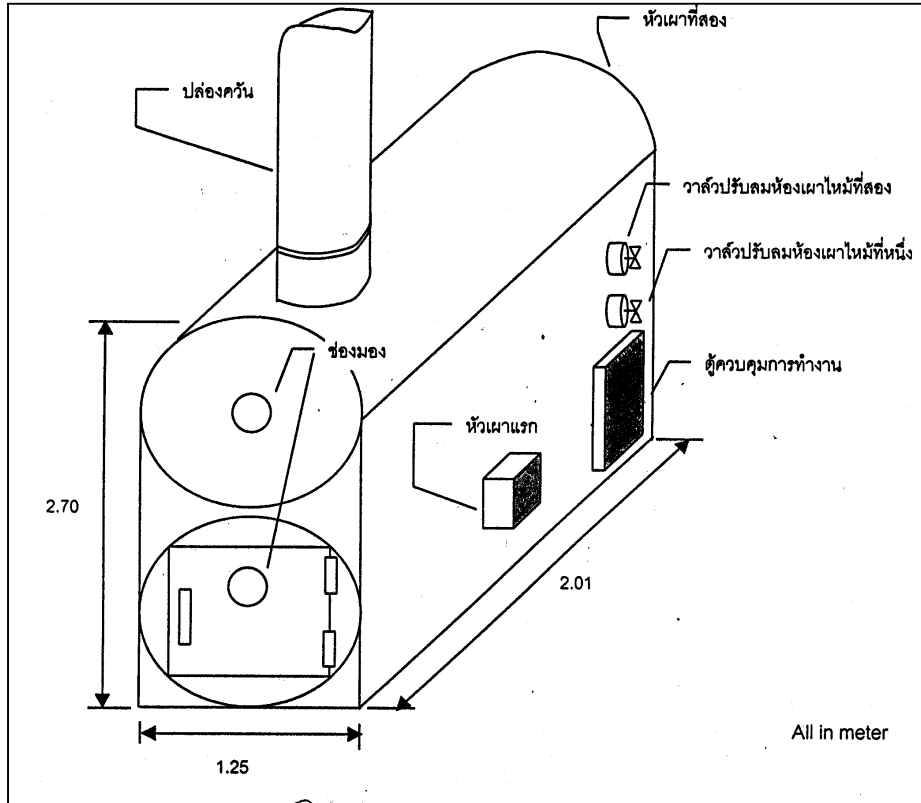
เตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

มีข้อมูลเทคนิคดังแสดงในตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.7

ตารางที่ 3.2 ตารางสรุปข้อมูลเทคนิคของเตาเผา

รุ่น	ขนาดการเผาไหม้ (กก. / ชม.)	ห้องเผาไหม้แรก (ม./ม./ลบ.ม.)			ห้องเผาไหม้ที่สอง (ม./ม./ลบ.ม.)		
		Ø	ยาว	ปริมาตร	Ø	ยาว	ปริมาตร
Incin 100	100	0.95	1.71	1.20	0.75	1.5	0.66

มิติภายนอก (ม.)			ความสูงปล่องควัน (ม.)	ความสูงรวม (ม.)	น้ำหนักรวม (ตัน)
กว้าง	ยาว	สูง			
1.25	2.01	2.70	7.30	10.00	7.2



ภาพที่ 3.7 มิติภายนอกของเตาเผา

(2) รายการคำนวณเตาเผา

ก. คุณลักษณะขยะ

รายละเอียดเกี่ยวกับขยะที่ใช้ในการออกแบบเป็น ดังนี้

- ก) มีองค์ประกอบของขยะประเภทที่ 0, 1 และ 4 ตามนิยามของ *Incinerator Institute of America (IIA)* อยู่ในปริมาณร้อยละ 40, 40 และ 20 ตามลำดับ
- ข) ความหนาแน่นขยะเฉลี่ย 280 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- ค) ความชื้น (Moisture) 30 %
- ง) สารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Solid) 63 %
- จ) ของแข็งที่ไม่เผาไหม้หรือปริมาณเถ้า (Ash) 7%
- ฉ) ค่าความร้อนมีค่า 10,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัมขยะ

ข. เตาเผาขยะ

- ก) เตาเผาขยะใช้หลักการทำงานแบบแยกส่วนอากาศ ลักษณะกึ่งต่อเนื่อง
- ข) ประสิทธิภาพของเตาเผาออกแบบให้สามารถทำงานได้กับเครื่องป้อนขยะ
- ค) มีประตูสำหรับนำขี้เถ้าออกจากเตาเผาได้โดยสะดวก
- ช) ห้องเผาไหม้ออกแบบให้ความดันภายในมีค่าติดลบเพื่อป้องกันการรั่วของควันจากห้องไหม้สู่ภายนอก รอยต่อต่างๆ จะต้องปิดสนิท
- ซ) หัวเผาสำหรับห้องเผาไหม้หลักมีหน้าที่ช่วยให้เกิดการติดไฟของขยะ และรักษาอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ให้อยู่ที่ $700 - 800^{\circ}\text{C}$
- ฌ) หัวเผาสำหรับห้องเผาไหม้ที่สองทำหน้าที่ในการเผาก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้จากห้องเผาไหม้แรก โดยรักษาอุณหภูมิห้องเผาไหม้ไว้ที่ $900 - 1,000^{\circ}\text{C}$
- ฎ) อากาศที่จ่ายเข้าสู่ห้องเผาไหม้ทั้งสอง เกิดจากหัวจ่ายลมที่ติดตั้งบริเวณด้านหลังของเตาเผา อากาศจะไหลผ่านท่อจ่าย โดยสามารถควบคุมปริมาณอากาศที่จ่ายให้ห้องเผาไหม้แต่ละห้องได้โดยวาล์วผีเสื้อและให้เป็นไปตามหลักการแยกส่วนอากาศ
- ฏ) ห้องเผาไหม้หลักมีขนาดเพียงพอที่จะรองรับการบรรจุขยะเข้าเตาเผาครั้งละประมาณ 25 กิโลกรัม ทุกๆ 15 ถึง 20 นาที
- ถ) ห้องเผาไหม้ที่สองออกแบบให้มีเวลาที่ก๊าซอยู่ในห้องเผาไหม้ไม่ต่ำกว่า 2 วินาที
- ฐ) หัวเผาสำหรับห้องเผาไหม้แรกจะหยุดทำงานทันทีที่ประตูป้อนขยะหรือประตูถ่ายขี้เถ้าเปิดออก

ฎ) ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถป้อนขยะเข้าเตาเผาได้หากเวลาที่กำหนด
ล่วงหน้ายังไม่มาถึง ทั้งนี้ เพื่อป้องกันการทำงานเกินความสามารถของเตาเผา อันจะทำให้เกิดการ
เผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

ก. สมดุลมวล (ตารางที่ 3.3)

Waste Feed	(kg / hr) 100
Moisture Content	(%) 30
Non – Combustible Solids	(%) 7
Higher Heating Value	(kJ / kg) 10000

ตารางที่ 3.3 สมดุลมวลของเตาเผาชนิดควบคุมอุณหภูมิอากาศขนาดเล็ก

Step	Description	Unit	Quantity
M1	Total Flow	Kg/hr	100.00
M2	Moisture	%	30.00
M3		Kg/hr	30.00
M4	Dry Feed	Kg/hr	70.00
M5	Ash	%	7.00
M6		Kg/hr	4.90
M7	Volatile	Kg/hr	65.10
M8	HHV	KJ/hr	10000.00
M9		MJ/hr	0.65
M10	Dry Gas (DG)	Kg/10MJ	2.85
M11		Kg/hr	185.54
M12	Moisture	Kg/10MJ	1.00
M13		Kg/hr	65.10
M14	DG + Moisture	Kg/hr	250.64
M15	100 % air	Kg/hr	185.54
M16	Total Air	Fraction	1.50
M17		Kg/hr	278.30
M18		NM3/sec	0.07
M19	Excess Air	Kg/hr	92.77
M20	Humidity	Kg/kg dry air	0.01
M21		Kg/hr	2.78
M22	Total Moisture	Kg/hr	97.88
M23	Total Dry Gas	Kg/hr	278.30

จากการคำนวณสมมูลมวลจะพบว่าเมื่อป้อนขยะเข้าเตาเผาในอัตราชั่วโมงละ 10 กิโลกรัมจะเกิดก๊าซไอเสียในรูปไอน้ำ 97.88 กิโลกรัมและก๊าซแห้ง 278.30 กิโลกรัม หรือคิดเป็นก๊าซร้อนทั้งหมดที่ออกจากเตาเผา 376 กิโลกรัม

ง. ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง

ห้องเผาไหม้ที่หนึ่งมีหน้าที่รองรับขยะที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาทางประตูป้อนและทำให้เกิดการเผาไหม้โดยมีหัวเผาช่วยให้เกิดการติดไฟและรักษาอุณหภูมิสำหรับความสามารถในการเผา 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การป้อนขยะเข้าเตาเผากำหนดให้ป้อนครั้งละประมาณ 25 กิโลกรัมทุกๆ 15 ถึง 20 นาที สำหรับลักษณะสมบัติขยะที่ออกแบบไปซึ่งมีความหนาแน่นเฉลี่ย 280 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นั้น ขยะ 100 กิโลกรัมจะมีปริมาตร 0.36 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเพื่อให้ห้องเผาไหม้มีปริมาตรเพียงพอในการรองรับก๊าซจากการเผาไหม้ของแข็งจึงได้ออกแบบให้ขยะที่บรรจุเข้าเตาเผามีปริมาตรอย่างน้อยเป็น 1 ใน 4 ของปริมาตรห้องเผาไหม้หลัก (ในขณะที่ทำการเผาไหม้ยอมให้มีการป้อนขยะเข้าเตาเผาไม่เกิน 1 ใน 2 ของปริมาตรห้องเผาไหม้หลัก)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในเชิงของความร้อนปลดปล่อย (heat release) จากขยะซึ่งมีค่าความร้อน 10,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัมที่อัตราการเผา 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อันจะทำให้ได้ความร้อนปลดปล่อยในอัตรา 1,000,000 กิโลจูลต่อชั่วโมง โดยเมื่อพิจารณาปริมาตรห้องเผาไหม้ที่สามารถรองรับอัตราความร้อนปลดปล่อยที่แนะนำโดย Reynolds ที่ประมาณ 931,350 กิโลจูลต่อชั่วโมง – ลูกบาศก์เมตร พบว่าปริมาตรห้องเผาไหม้หลักควรมีอย่างน้อย 1.07 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้น ในส่วนของปริมาตรของห้องเผาไหม้หลักนี้ จึงได้ออกแบบให้เท่ากับ 1.2 ลูกบาศก์เมตร โดยให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เมตรและยาว 1.71 เมตร ซึ่งทำให้ได้อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 1.8 อันเป็นไปตามอัตราส่วนที่แนะนำของ Reynolds ว่าไม่ควรเกิน 3 : 1 เพื่อผลในการเคลื่อนตัวของขยะจากด้านหน้าเตาไปยังท้ายเตาอย่างมีประสิทธิภาพ

จ. ห้องเผาไหม้ที่สอง

ห้องเผาไหม้ที่สอง มีหน้าที่ทำการเผาไหม้ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ ในห้องเผาไหม้หลัก เพื่อทำการเผาซ้ำโดยจ่ายอากาศให้มากกว่าปริมาณอากาศที่ต้องการในทางทฤษฎีทำให้ก๊าซกลายเป็นก๊าซเผาไหม้ที่สมบูรณ์ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ จากการคำนวณสมมูลมวลและความร้อนอัตราไหลเชิงมวลของก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้มีค่าเท่ากับ 376 กิโลกรัมต่อชั่วโมงที่อุณหภูมิ 1,000 °C หรือเท่ากับอัตราไหลเชิงปริมาตร 0.3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เมื่อออกแบบให้ห้องเผาไหม้ที่สองมีปริมาตร 0.66 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นจึงสามารถคำนวณเวลาที่ก๊าซเผาไหม้อยู่ในห้องเผาไหม้ที่สอง (residence time of gas) เท่ากับ (0.66 ลูกบาศก์เมตร / 0.3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) หรือเท่ากับ 2.2 วินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับการเผาทำลายขยะตามเกณฑ์

ดังนั้นห้องเผาไหม้ที่สองจึงมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.75 ม. และยาว 1.5 ม.

ฉ. ประตูปรรูจยะ

ประตูปรรูจยะออกแบบไว้ให้อยู่ทางด้านหน้าเตาเผาเพื่อให้ง่ายในการป้อนขยะเข้าเตาเผา สามารถติดตั้งเครื่องป้อนขยะอัตโนมัติได้ โดยมีลักษณะเป็นช่องสี่เหลี่ยมขนาด $0.8 \times 0.8 \text{ m}^2$

ช. ประตูถ่ายเถ้า

สำหรับเตาเผาที่ทำงานแบบกึ่งต่อเนื่องนี้ การนำขี้เถ้าออกจากเตาเผาจัดเป็นปัจจัยตัวหนึ่งที่สำคัญการทำงานของเตา โดยออกแบบให้นำขี้เถ้าออกมาจากเตาเผาวันละหนึ่งครั้งหลังจากที่เตาเผาเผาขยะเรียบร้อยแล้วและปล่อยให้เย็นตัวลง (ปกติควรเป็นเวลาช่วงเช้าก่อนทำการเผาครั้งต่อไปการลำเลียงขี้เถ้าออกมาภายนอกกระทำโดยใช้พลั่วกวาดออกมาจากห้องเผาไหม้แรกทางประตูถ่ายเถ้า

ประตูถ่ายเถ้าออกแบบให้อยู่ทางด้านหลังห้องเผาไหม้หลักเพื่อสะดวกในการถ่ายเถ้าออกเมื่อการเผาไหม้สิ้นสุดลง บานประตูสามารถเปิดได้รอบตัว

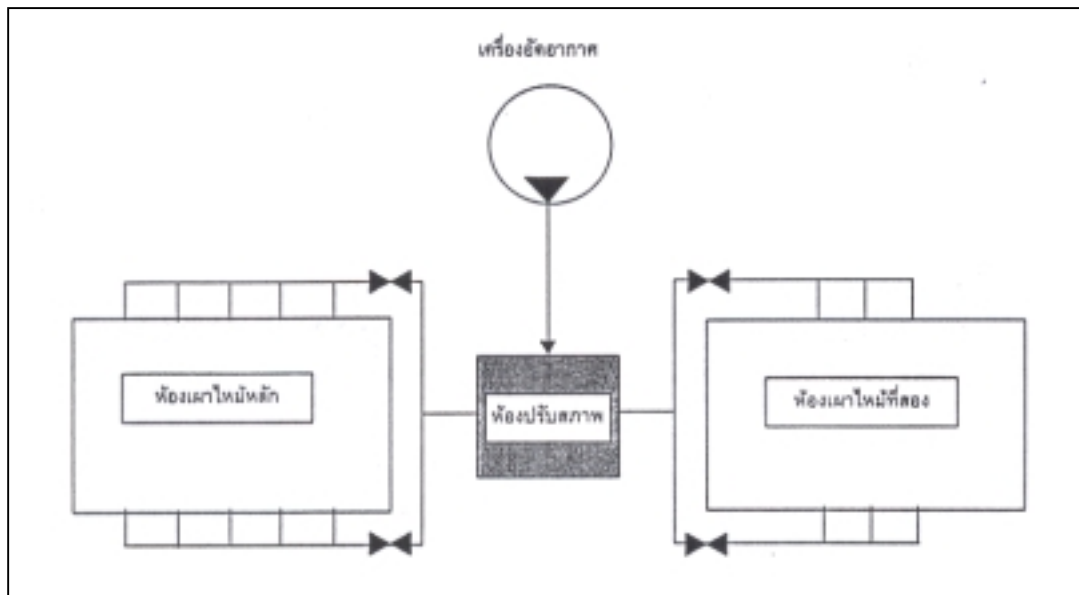
ซ. ฉนวนเตาเผา

ออกแบบให้เปลือกนอกของเตาเผาทำด้วยเหล็กเหนียวหนา 4.5 มิลลิเมตร ถัดมาเป็นฉนวนทนความร้อนแบบแผ่นซึ่งมีค่า Conductivity ต่ำ หนา 25 มิลลิเมตร และชั้นในสุดเป็นวัสดุทนไฟ โดยมีความหนารวมของฉนวนทั้งหมดเป็น 140 มิลลิเมตร

ณ. การจ่ายอากาศ

เพื่อให้การป้อนอากาศเข้าเตาเผาเป็นไปตามหลักการควบคุมอากาศ จึงได้ออกแบบให้มีการติดตั้งเครื่องอัดอากาศจำนวนหนึ่งตัวสำหรับดูดอากาศจากภายนอกเข้าไปยังห้องปรับสภาพก่อนจะแยกจ่ายเข้าสู่ห้องเผาไหม้ตามอัตราที่กำหนด ทั้งนี้ โดยการปรับตั้งวาล์วผีเสื้อของท่อจ่ายอากาศแต่ละท่อรวมทั้งสองห้องเผาไหม้จำนวน 4 ตัว อากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้หลักจะถูกป้อนเข้าทั้งสองข้างๆ ละ 5 จุด ที่ตำแหน่งด้านล่างของห้องเผาไหม้ (underfire air) บริเวณที่ขยะอยู่กลางลานเผา

ในส่วนของอากาศที่ป้อนเข้าห้องเผาไหม้ที่สองเพิ่มเติมให้กับก๊าซร้อน ที่ได้รับความร้อนจากหัวเผาที่สองและรักษาอุณหภูมิห้องเผาไหม้ให้สูง กว่า 1,000 องศาเซลเซียส จะถูกจ่ายเข้าบริเวณกลางห้องเผาไหม้ทั้งสองข้างๆ ละ 3 จุด ทั้งนี้ลักษณะการจ่ายอากาศได้แสดงดังในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ลักษณะการจ่ายอากาศเข้าเตาเผาที่ออกแบบ

ญ. หัวเผา

สำหรับหัวเผาที่ติดตั้ง เพื่อเป็นส่วนให้ความร้อนจากเชื้อเพลิงช่วย (auxiliary fuel) นั้นมีหน้าที่ต่างกันที่สองห้องเผาไหม้ โดยในห้องเผาไหม้หลักจะทำหน้าที่ช่วยให้ขะติดไฟและรักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ให้คงที่ ซึ่งจะถูกตั้งที่ตำแหน่งกลางห้องเผาไหม้ทางด้านข้างและวางทำมุมพุ่งสู่ด้านล่าง ทั้งนี้ เพื่อให้เปลวไฟสัมผัสขะขณะจุดติดไฟ

หัวเผาของห้องเผาไหม้ที่สอง จะทำหน้าที่เผาไหม้ก๊าซที่เผาไหม้ได้ที่ออกจากห้องเผาไหม้หลักและรักษาอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ให้คงที่ ถูกจัดวางในตำแหน่งทางเข้าห้องเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนแก่ก๊าซร้อนที่ไหลเข้ามา และอากาศที่ป้อนเข้าบริเวณท้ายห้องเผาไหม้จะทำหน้าที่เติมอากาศให้แก่การเผาไหม้เพื่อเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และสามารถรักษาให้อุณหภูมิการเผาไหม้ให้คงที่ตลอดทั่วทั้งห้อง

ฎ. ระบบควบคุม

ระบบควบคุมของเตาเผาขะ ได้ถูกออกแบบให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติ โดยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือการควบคุมอุณหภูมิและการควบคุมเวลาการปฏิบัติงาน

การควบคุมอุณหภูมิของเตาเผาคือการควบคุมอุณหภูมิในการเผาไหม้ของห้องเผาไหม้ทั้งสองห้องให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยใช้สัญญาณจากเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ติดตั้งสำหรับแต่ละห้องเผาไหม้เป็นตัววัดค่า ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ล่วงหน้าในระบบควบคุม และจะส่งสัญญาณกลับไปยังอุปกรณ์ ได้แก่ การควบคุมการเปิด – ปิด ของ หัวเผา (on – off control)

การควบคุมเวลาในการปฏิบัติงานทำโดยเครื่องตั้งเวลา (timer)

ซึ่งมีลำดับขั้นการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

ก) หัวเผาลังห้องเผาไหม้ที่สองทำงานเพื่ออุ่นเตาเผา (preheat) : 15 นาที

ข) หัวเผาลังห้องเผาไหม้หลักทำงานเพื่ออุ่นเตาเผา (preheat) : 15 นาที

ค) ป้อนขยะเข้าเตาเผาครั้งละประมาณ 25 กิโลกรัม ทุกๆ 15 นาที โดยผู้ปฏิบัติงานจะไม่สามารถป้อนขยะเข้าเตาเผาในเวลานอกเหนือจากที่กำหนด ทั้งนี้ยกเว้นในบางกรณีซึ่งสามารถสั่งยกเลิกการตั้งเวลาดังกล่าวได้

ง) เมื่อป้อนขยะเป็นครั้งสุดท้ายแล้ว หัวเผาของห้องเผาไหม้หลักยังคงทำงานต่อไปอีก 2 ชั่วโมง (burndown period)

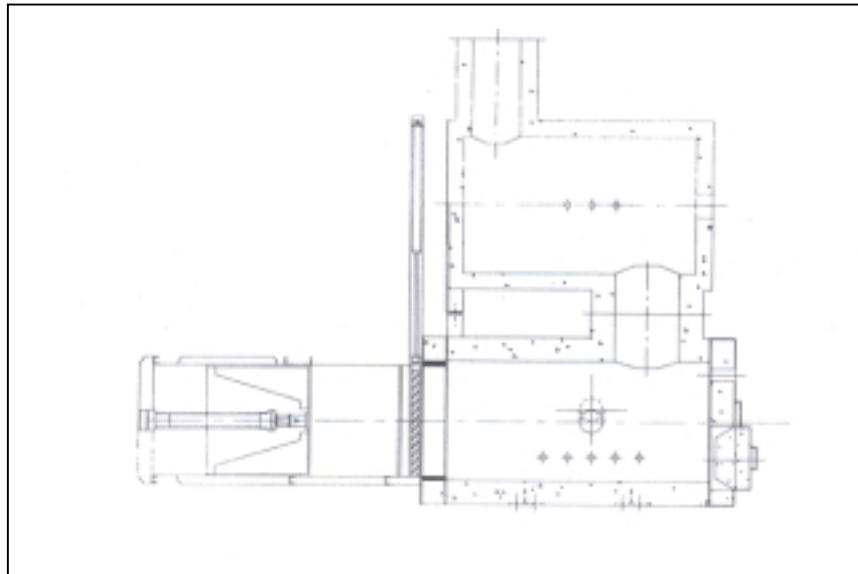
จ) เมื่อช่วง burndown period สิ้นสุดลง หัวเผาของห้องเผาไหม้หลักยังคงทำงานต่อไปอีก 30 นาที

(3) การออกแบบเครื่องป้อนขยะอัตโนมัติ

ก. ขอบเขตงาน

เครื่องป้อนขยะอัตโนมัติเป็นอุปกรณ์เสริมการทำงานของเตาเผา ออกแบบเพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานเตาเผาสามารถป้อนขยะเตาเผาได้อย่างอัตโนมัติ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ ประหยัดพลังงานและลดมลพิษ ดังแสดงในภาพที่ 3.9

ข. หลักการออกแบบ

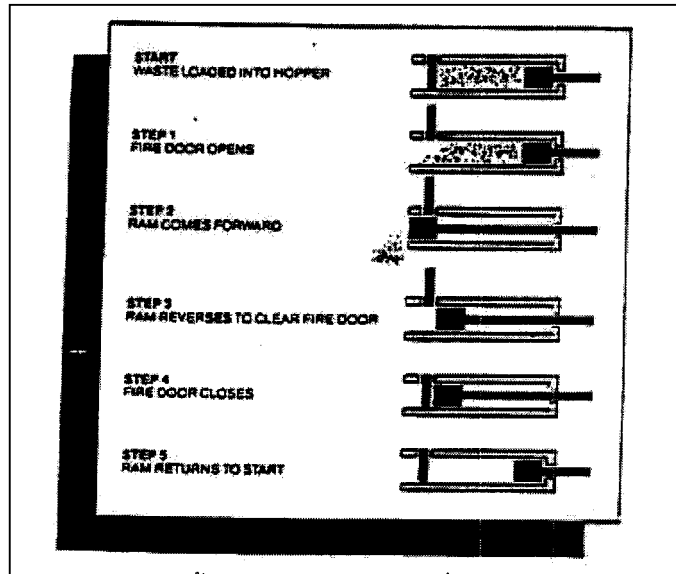


ภาพที่ 3.9 เครื่องป้อนขยะอัตโนมัติติดตั้งกับเตาเผาขยะ

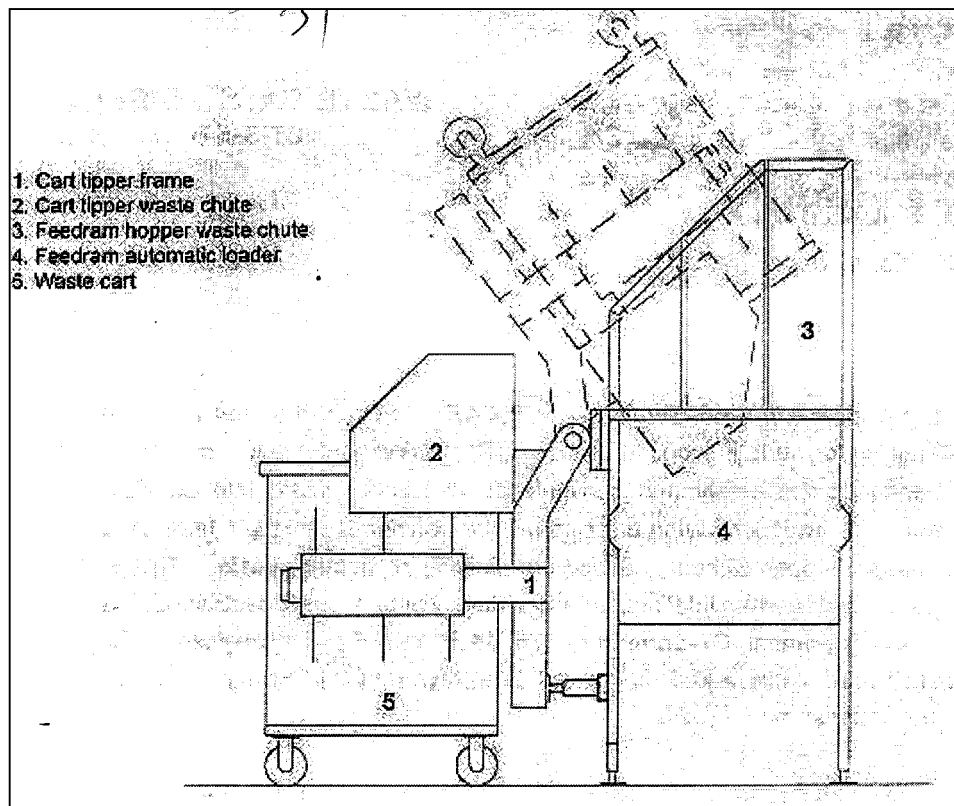
การติดตั้งระบบป้อนขยะทางกลนี้มีผลดีต่อการปฏิบัติงานหลายประการ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้โดยปลอดภัยจากความร้อน เปลวไฟและก๊าซจากการเผาไหม้ที่หลุดลอดออกมาจากเตาเผาในระหว่างป้อนขยะ
- สามารถจำกัดปริมาณอากาศจากบรรยากาศที่จะหลุดลอดเข้าไปในเตาเผาซึ่งจะช่วยให้การควบคุมอัตราการเผาไหม้ทำได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
- ช่วยให้การป้อนขยะเข้าไปในเตาเผาสามารถป้อนเข้าไปทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอ

หน้าที่ของเครื่องป้อนขยะคือการรองรับขยะจากถังรองรับที่ขนส่งมาจากแหล่งกำเนิดขยะ ผู้ควบคุมการปฏิบัติงานเตาเผามีหน้าที่เซ็นถึงรองรับขยะมาที่เครื่องป้อนขยะซึ่งจะทำหน้าที่ยกถังพลิกเพื่อให้ขยะตกลงไปยังช่องรองรับ จากนั้นประตูเตาจะยกขึ้น ตัวคันจะดันขยะเข้าสู่เตาเผาทำให้ขยะร่วงลงไปในห้องเผาไหม้แรก จากนั้นตัวคันจะเลื่อนกลับที่เดิมและประตูเตาเผาเคลื่อนลงปิดประตูเตา หลักการทำงานของเครื่องป้อนขยะแสดงในภาพที่ 3.10 และ 3.11



ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องป้อนขยะ



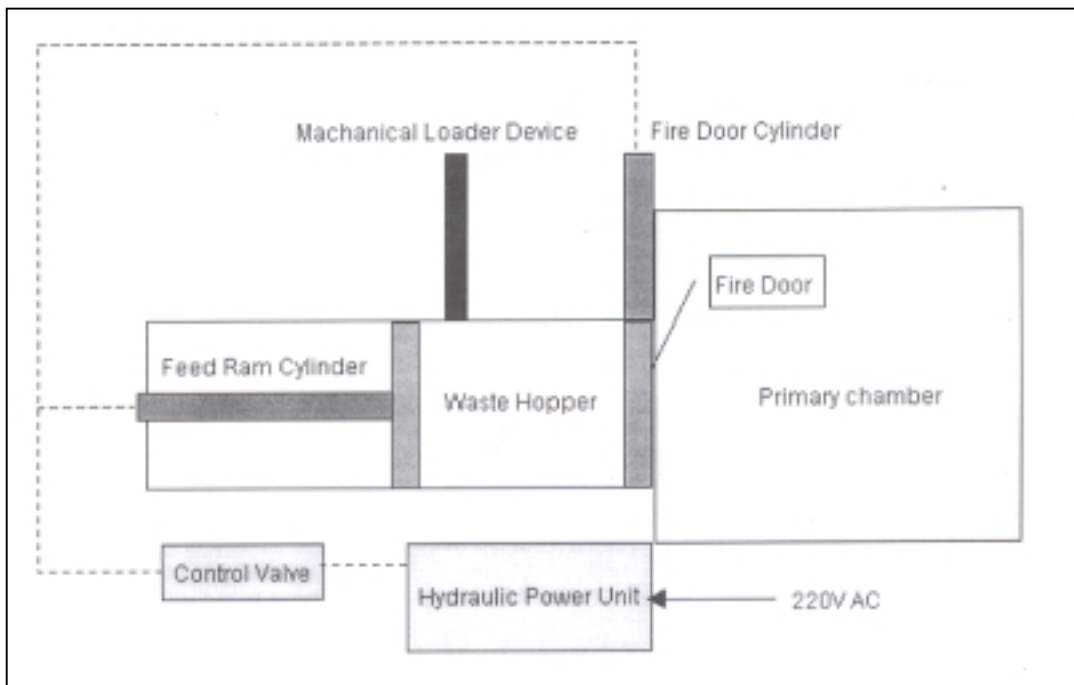
ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการทำงานของตัวพลิกขยะ

ในการออกแบบการทำงานของเครื่องป้อนขยะจึงได้ออกแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้ ภาพที่

3.12

- ระบบขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องป้อนขยะใช้ระบบไฮดรอลิก เนื่องจากเหมาะกับงานที่มีภาระสูง และเลือกใช้สำหรับการยกประตูเตาเผาขึ้น – ลง และสำหรับดันขยะในช่องขยะเข้าเตาเผาและชักกลับ ดังนั้นจึงใช้กระบอกลูกสูบไฮดรอลิก จำนวนสองชุด

- ตัวพลิกถังขยะออกแบบให้ใช้กระบอกลูกสูบไฮดรอลิก เพื่อความสะดวกในการทำงาน



ภาพที่ 3.12 แผนภาพแสดงการทำงานของอุปกรณ์ป้อนขยะ

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการทดสอบประสิทธิภาพและศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการกำจัดขยะแบบเผาทำลาย แต่ละครั้งจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอน ต่อไปนี้

(1) จะต้องทำการเผาขยะอุตสาหกรรมในสภาพจริง ติดต่อกันอย่างน้อย 3 ชั่วโมง

(2) การจดบันทึกอุณหภูมิในห้องเผาต่างๆ จะต้องทำการบันทึกที่ความถี่ไม่เกิน หรือทุก 5 นาที

(3) ในกรณีที่การป้อนขยะเข้าเตาเผาในลักษณะแบบกึ่งต่อเนื่องหรือแบบทยอยป้อนจะต้องจดบันทึกน้ำหนักขยะทุก ๆ ครั้งที่ทำการป้อนขยะ พร้อมทั้งระบุเวลาที่ป้อนขยะมูลฝอยด้วย

(4) การรายงานผลการตรวจวัดประสิทธิภาพของเตาเผา จะต้องรายงานอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดเวลาการเผาทุกๆ ห้องเผาและสรุปความสามารถในการเผาขยะของเตาเผา โดยพิจารณาอัตราการเผาขยะคิดเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง

(5) การจุดบันทึกอุณหภูมิห้องเผาใหม่จะเริ่มบันทึกเมื่อมีการป้อนขยะมูลฝอยเข้าไปแล้ว และให้บันทึกต่อเนื่องอีก 20 นาที หลังการป้อนขยะมูลฝอยชุดสุดท้ายเข้าไป

(6) การอุ่นเตาเผาไม่ถือว่าเป็นการทดสอบเตาเผา

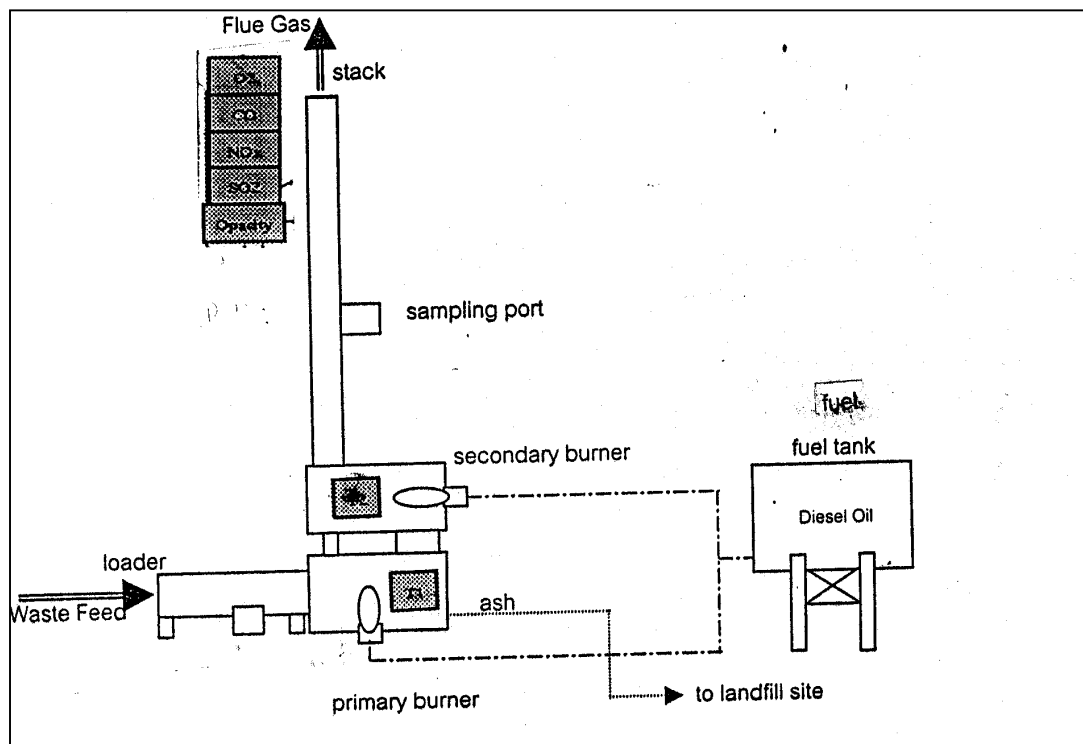
(7) เริ่มนับเวลาป้อนขยะมูลฝอยชุดแรกเป็นครั้งที่ 1

(8) หลังจากป้อนขยะมูลฝอยชุดสุดท้ายและรวมเวลาอีก 20 นาที ถือเป็นการนับเวลาป้อนขยะมูลฝอยครั้งสุดท้าย

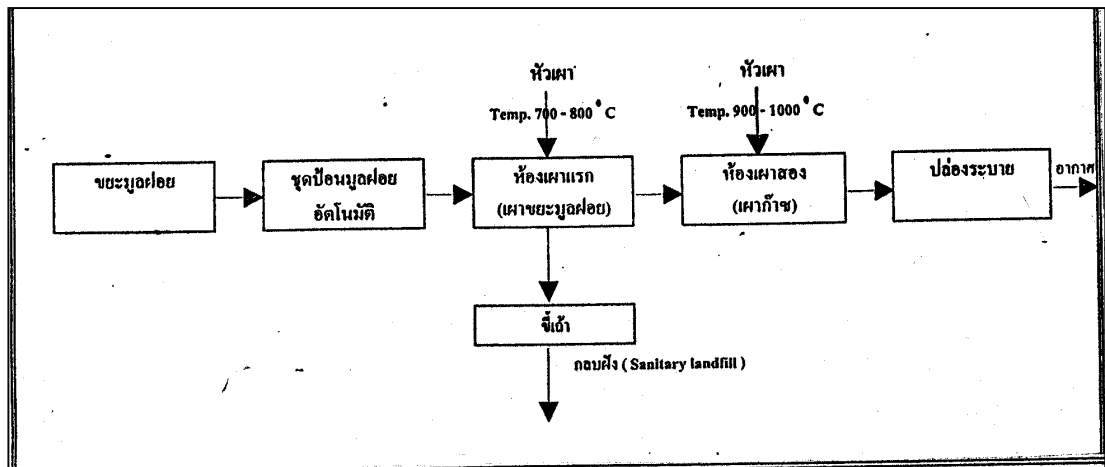
(9) เวลาทั้งหมดที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา คัดจากเวลาที่ทำการป้อนขยะมูลฝอยครั้งที่ 1 ถึงเวลาป้อนขยะมูลฝอยครั้งสุดท้าย

(10) อัตราการเผาไหม้ขยะมูลฝอยคิดจากน้ำหนักขยะมูลฝอยทั้งหมดหารด้วยเวลาทั้งหมดที่ทำการทดสอบเตาเผา

(11) การเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องเตาเผาจะทำได้เมื่อเตาเผาเริ่มทำงานแล้ว ไม่น้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง และสภาวะการทำงานของเตาเผาคงที่และสูงสุด



ภาพที่ 3.13 ดัชนีที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผาขยะมูลฝอย

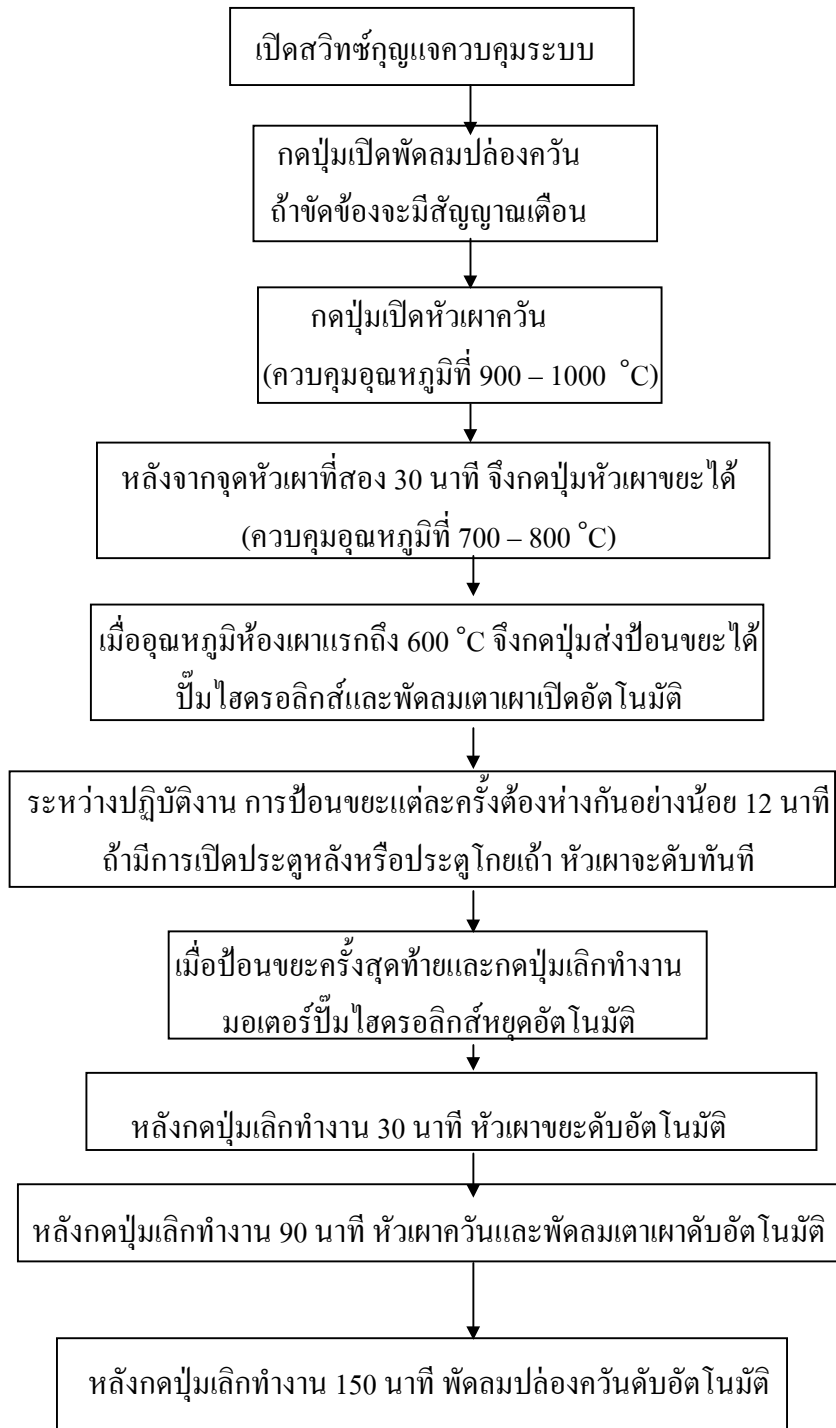


ภาพที่ 3.14 ขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก
ของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

2) ลำดับการทำงานและการควบคุมอุปกรณ์

สำหรับรายละเอียดการควบคุมอุปกรณ์ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบ
เตาเผาชนิดควบคุมอากาศ ขนาดเล็ก มีลำดับขั้นตอนการทำงานตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 3.15 ดังนี้

แผนภูมิการทำงานและการควบคุมอุปกรณ์



ภาพที่ 3.15 ลำดับการทำงานและการควบคุมอุปกรณ์ของเตาเผาชนิดควบคุม
อากาศขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

1) วิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive) ดัชนีที่วิเคราะห์ ได้แก่

- (1) อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง
- (2) อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง
- (3) อัตราการเผาไหม้
- (4) ปริมาณขี้เถ้า
- (5) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
- (6) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน
- (7) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
- (8) ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์
- (9) ค่าความทึบแสง (*opacity*)
- (10) อนุภาคมลสาร
- (11) ค่าใช้จ่ายในการเผาผลาญ
- (12) คุณภาพขี้เถ้า

2) วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดสอบกับค่าในการออกแบบตามคุณลักษณะเฉพาะที่กำหนด ของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็กของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

3) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของดัชนีที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา โดยใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ ได้แก่

(1) *Correlation Analysis* วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความร้อน (temperature) กับค่าปริมาณมลภาวะอากาศ (emission)

(2) *T-test* เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างค่าปริมาณความร้อน (temperature) กับค่าปริมาณมลภาวะอากาศ (emission)

(3) *ANOVA* ทดสอบความแตกต่างของค่าปริมาณมลภาวะอากาศ (emission) ที่ช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของการทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ผลการสำรวจประเภท ชนิด ปริมาณ และองค์ประกอบของขยะอุตสาหกรรม ในแต่ละโรงงานของสวนอุตสาหกรรมศรีอโศกพัฒนา กบินทร์บุรี

ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเตาเผาและตรวจสอบคุณภาพอากาศที่ปล่อยจากเตาเผา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการสำรวจประเภท ชนิด ปริมาณ และองค์ประกอบของขยะอุตสาหกรรม ในแต่ละโรงงานของสวนอุตสาหกรรมศรีอโศกพัฒนา กบินทร์บุรี

ตอนที่ 1 สภาพของประชากรหรือกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประเภทของอุตสาหกรรม

จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับโรงงานอุตสาหกรรมของโรงงานที่ประกอบกิจการในสวนอุตสาหกรรมศรีอโศกพัฒนา กบินทร์บุรี ประกอบด้วยโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 28 โรงงาน แยกเป็นกลุ่มโรงงาน 4 ประเภท ได้แก่

1.1.1 กลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งถักทอและฟอกย้อม

- 1) โรงงานฟอกย้อม แต่งสำเร็จสิ่งถักสิ่งทอ
- 2) โรงงานฟอกย้อม แต่งสำเร็จหนังแท้และหนังเทียม
- 3) โรงงานถักผ้า ดีเกิลยวแต่งเส้นด้าย ปักและถักผ้าลูกไม้
- 4) โรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป
- 5) โรงงานผลิตผ้าเพาวอร์เนตและแถบยางยืดสำหรับชุดชั้นใน
- 6) โรงงานผลิตแถบตรา (LABEL) สำหรับเครื่องแต่งกาย

1.1.2 กลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร

- 1) โรงงานผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปและเส้นหมี่ขาว

1.1.3 กลุ่มอุตสาหกรรมรองเท้า

- 1) โรงงานผลิตพื้นรองเท้า ชิ้นส่วนต่างๆของรองเท้า และแผ่นยางรองเท้า
- 2) โรงงานแต่งหนังสำเร็จและทำรองเท้า
- 3) โรงงานตัดเย็บหน้าผ้ารองเท้า

1.1.4 กลุ่มอุตสาหกรรมทั่วไป

- 1) โรงงานผลิตและจำหน่ายชิ้นส่วนยานพาหนะ (ถุงลมนิรภัย)
- 2) โรงงานผลิตตุ๊กตาและนุ้ในหมวกกันน็อก
- 3) โรงงานผลิตแม่พิมพ์ปั๊มพื้นรองเท้า
- 4) อุตสาหกรรมบริการ

1.2 ข้อมูลขยะอุตสาหกรรม

ข้อมูลการสำรวจชนิดและปริมาณ ของขยะอุตสาหกรรมของโรงงานในสวนอุตสาหกรรมศรีอโศกพัฒนา กบินทร์บุรี จำนวน 28 โรงงาน โดยใช้แบบสำรวจ สามารถคัดแยกชนิดของขยะ โดยแบ่งเป็น 4 ประเภท คือ ขยะรีไซเคิล ขยะอันตราย ขยะทั่วไป และขยะอันตราย และศึกษาปริมาณขยะเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาเผาได้ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.1 , 4.2 , 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ตารางสรุปข้อมูลประเภทขยะแต่ละโรงงานในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์
กบินทร์บุรี ขยะรวมภายในแต่ละโรงงาน (กก./วัน)

บริษัท	ปริมาณขยะใน โรงงานรวม (กก./วัน)	ขยะ อินทรีย์/ เศษอาหาร (กก./วัน)	ขยะรีไซเคิล (ขายได้) (กก./วัน)	ขยะทั่วไป (ขายไม่ได้) (กก./วัน)	ขยะอันตราย (กก./วัน)
TG	1380	60	1,000	20	300
SSDC	838	10	80	46	702
TUC	1497	22	62	-	1,413
PP	8491	28	301	20	8,142
PEC	33	-	33	-	-
TTY	1055	-	8	-	1,047
OTTC	12	-	12	-	-
SSC	802	32	194	576	-
SIF	1738	50	188	100	1,400
TNN	41	5	14	22	-
PG	73	20	33	20	-
PKC	233	50	103	80	-
WKC	215	40	130	45	-
H&B	19	10	5	4	-
CK	51	1	48	2	-
TNL	323	30	198	95	-
TNK	169	-	169	-	-
KTY	201	-	75	126	-
TTL	264	10	92	162	-
PTK	1516	23	606	887	-
KPF	395	-	390	-	5
PU	2	-	-	-	2
PTM	319	-	279	40	-

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

บริษัท	ปริมาณขยะใน โรงงานรวม (กก./วัน)	ขยะ อินทรีย์/ เศษอาหาร (กก./วัน)	ขยะรีไซเคิล (ขายได้) (กก./วัน)	ขยะทั่วไป (ขายไม่ได้) (กก./วัน)	ขยะอันตราย (กก./วัน)
AVF	783	-	-	753	30
MTC	470	-	190	280	-
PAL	3,903	150	95	3,500	158
PHGC	141	30	61	50	-
PAH	1,880	140	-	1,740	-
	26,844	711	4,366	8,568	13,199
	(100)	(2.65)	(16.26)	(31.92)	(49.17)

ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

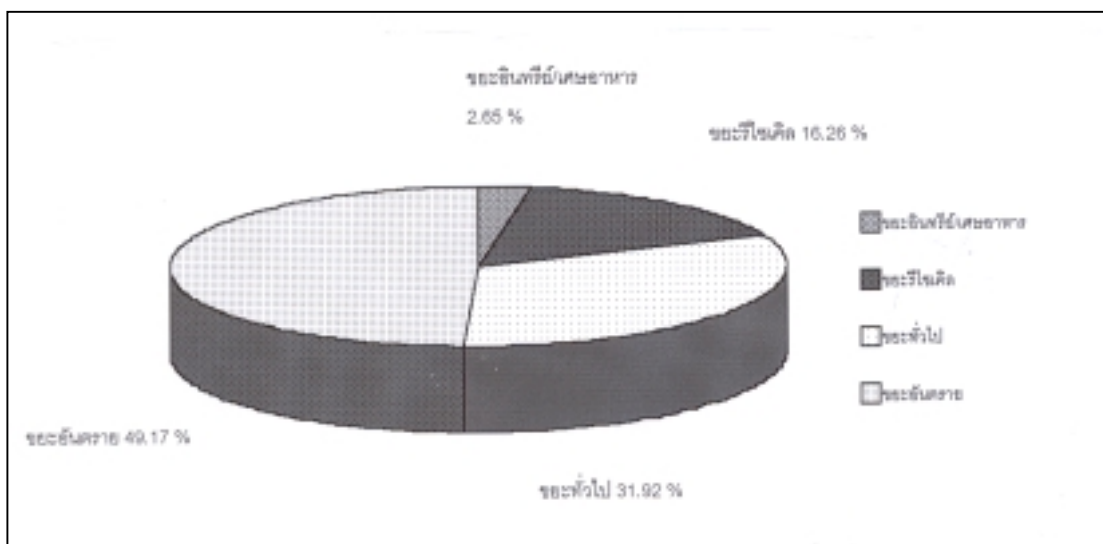
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

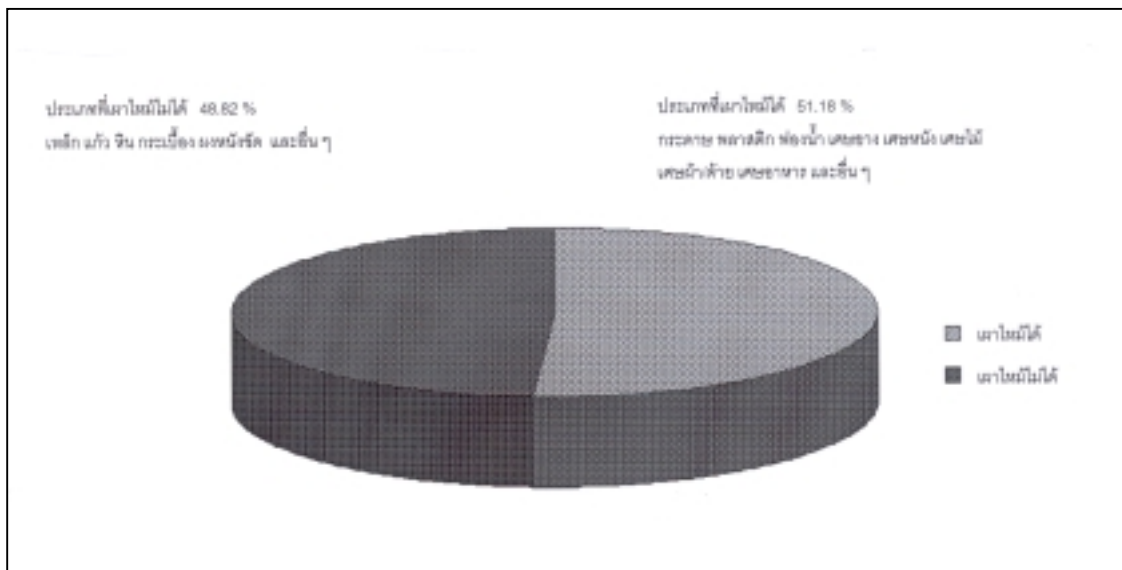
ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมุติฐานและประเด็นปัญหา

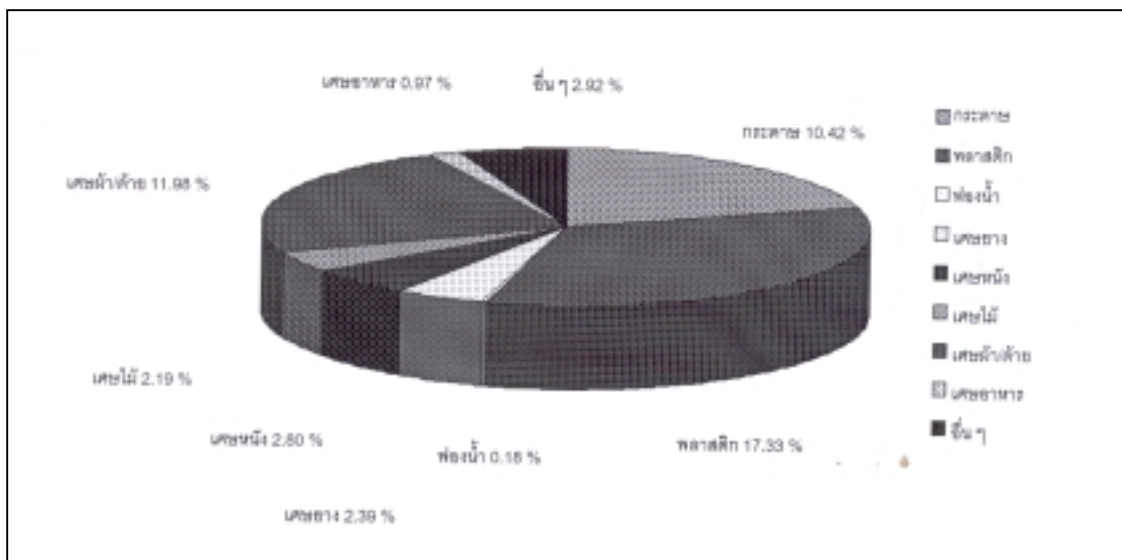
จากผลการสำรวจ ชนิด และปริมาณขยะอุตสาหกรรม ประเภทอันตรายและไม่อันตรายของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ดังแสดงในตารางที่ 4.1 , 4.2 , 4.3 และ 4.4 พบว่า มีขยะมูลฝอยประมาณวันละ 26.84 ตัน โดยแบ่งขยะรีไซเคิลหรือขยะที่ขายได้ ประมาณร้อยละ 16.26 หรือประมาณ 4.37 ตันต่อวัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเศษผ้าและด้ายมากที่สุด ร้อยละ 46.59 รองลงมาคือกระดาษร้อยละ 14.02 สำหรับขยะอินทรีย์และเศษอาหารมีประมาณร้อยละ 2.65 หรือประมาณ 0.71 ตันต่อวัน สามารถนำไปผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนของขยะทั่วไป มีประมาณร้อยละ 31.92 หรือประมาณ 8.57 ตันต่อวัน เป็นขยะที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ต้องนำไปเผาหรือฝังกลบ โดยประกอบด้วยส่วนที่เผาไหม้ได้ซึ่งเป็นขยะเชื้อเพลิง ประมาณร้อยละ 51.18 และส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ ประมาณร้อยละ 48.82 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผงหนังขัด ร้อยละ 35.01 กำจัดโดยนำไปฝังกลบ สำหรับขยะพิษหรือขยะอันตราย ซึ่งเป็นขยะส่วนใหญ่มีประมาณร้อยละ 49.17 หรือประมาณ 13.19 ตันต่อวัน ส่วนใหญ่เป็นกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียร้อยละ 50.90 ซึ่งต้องนำไปเผาหรือฝังกลบ โดยบริษัทในเครือสหพัฒน์ ได้ว่าจ้างให้ บริษัท บริหารและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ดำเนินการบำบัดและฝังกลบ จากการสำรวจชนิดและปริมาณของขยะมูลฝอยในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี สามารถแสดงสัดส่วนองค์ประกอบของขยะประเภทต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 , 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 สัดส่วนของขยะอุตสาหกรรมในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี



ภาพที่ 4.2 สัดส่วนของขยะทั่วไป



ภาพที่ 4.3 สัดส่วนและองค์ประกอบของขยะอุตสาหกรรม จำแนกตามประเภทส่วนที่เผาไหม้ได้

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเตาเผาและตรวจสอบคุณภาพอากาศที่ปล่อยจากเตาเผา

ตอนที่ 1 สถานภาพของประชากรหรือกลุ่มตัวอย่าง

2.1 การสุ่มตัวอย่าง นำขยะประเภทขยะทั่วไป ที่สามารถเผาไหม้ได้ จากโรงงานในสวนอุตสาหกรรมหรือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี จำนวน 28 โรงงาน มารวมกัน เพื่อสุ่มตัวอย่าง โดยวิธี quartering ได้ตัวอย่างขยะที่มีเนื้อเหมือนกัน (Homogeneous) จำนวนประมาณ 300 กิโลกรัม นำตัวอย่างขยะบรรจุใส่ถุงๆ ละประมาณ 20 กิโลกรัม จำนวนรวม 30 ถุง สำหรับนำไปเผาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ต่อไป

2.2 วิธีดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา

การทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็นการทดลองในลักษณะแบบกึ่งต่อเนื่อง หรือแบบทยอยป้อนขยะเข้าเตาเผา และได้แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง คือ

2.2.1 การทดลอง ครั้งที่ 1 กำหนดให้อุณหภูมิห้องเผาหลักหรือห้องเผาขยะที่หนึ่ง อยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่ากำหนด หรือ Low Temperature ที่ 400 – 500 องศาเซลเซียส และปรับอุณหภูมิในห้องเผาที่สองตั้งแต่ช่วง 800 , 900 , 1,000 , 1,100 และ 1,200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

2.2.2 การทดลองครั้งที่ 2 กำหนดให้อุณหภูมิห้องเผาหลักอยู่ในช่วงอุณหภูมิสูงตามคุณลักษณะเฉพาะของเตาเผาหรือ High Temperature ที่อุณหภูมิ 700 – 800 องศาเซลเซียส และปรับอุณหภูมิห้องเผาที่สองตั้งแต่ช่วง 800 , 900 , 1,000 , 1,100 และ 1,200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ทำการวัดค่าอุณหภูมิห้องเผาที่หนึ่ง ห้องเผาที่สอง ค่าปริมาณมลภาวะอากาศ CO , SO₂ , NO_x ของการทดสอบทั้งสอง ทุกช่วง 1 นาที ด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องจากปล่องระบายของเตาเผา ส่วนค่าปริมาณมลภาวะ TSP และ HCl ตรวจวัดแบบชักตัวอย่าง (Sample) วิเคราะห์ในห้องทดลอง

นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าปริมาณ โลหะหนัก Cadmium (Cd) , Lead (Pb) และ Mercury (Hg) ในขี้เถ้า คำนวณค่าใช้จ่ายไฟฟ้า เชื้อเพลิง อัตราการเผาไหม้ ในแต่ละการทดลอง เพื่อหาค่าเฉลี่ยในการดำเนินการต่อไป

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ผลของการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาขยะที่สร้างขึ้น มีการทดลองแบบ กำหนดน้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้าเตาแบบเป็นช่วงเวลาทุกๆ 10 –15 นาที รวมผลการทดสอบ จำนวน 2 ครั้ง ผลการทดสอบประสิทธิภาพแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6 และได้แสดงเป็นแผนภูมิ พร้อมผลสรุปข้อมูลของพารามิเตอร์ที่ทดสอบแต่ละตัว ดังนี้

ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

4.5 (ต่อ)

4.5 (ต่อ)

4.5 (ต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

4.6

4.6 (ต่อ)

4.6 (ต่อ)

4.6 (ต่อ)

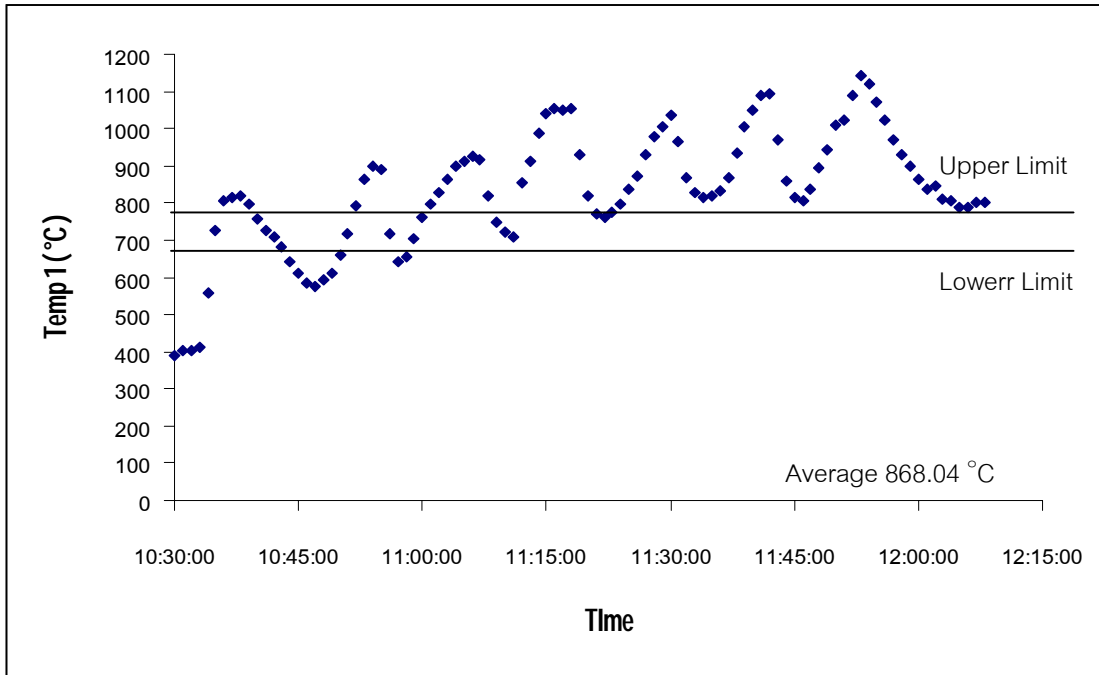
4.6 (□ □)

4.6 (□ □)

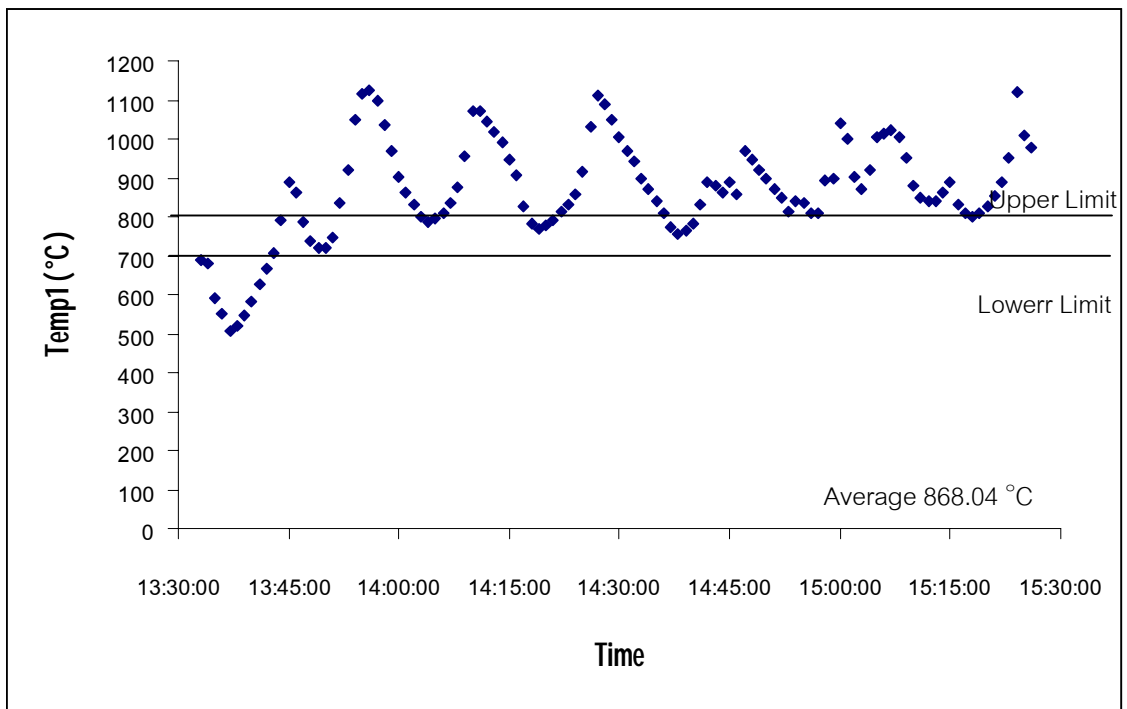
4.6 □ □

4.6 □ □

1. อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง



ภาพที่ 4.4 อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง การทดลองที่ 1



ภาพที่ 4.5 อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง การทดลองที่ 2

ห้องเผาไหม้ที่หนึ่งมีหน้าที่รองรับขยะที่ป้อนเข้าเตาเผาและทำหน้าที่เผาไหม้ขยะ โดยอาศัยความร้อนเริ่มต้นจากหัวเผาในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง จนเมื่อขยะสามารถติดไฟได้เองอย่างต่อเนื่องแล้ว จะทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และรักษาอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งไว้ให้คงที่ไม่ให้สูงเกินไป กรณีห้องเผาไหม้ที่หนึ่งอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้การเผาไหม้ขยะบางประเภทมีอัตราการระเหยสูง เช่น พลาสติก ยางยืด จะทำให้เกิดการกลายเป็นก๊าซ ในอัตราที่สูงมากเกินกว่าที่ความสามารถปริมาตรห้องเผาไหม้ที่หนึ่งจะรองรับได้ และทำให้เกิดควันดำไหลออกจากเตาเผา US.EPA ได้แนะนำขอบเขตล่าง (Lower Limit) ของอุณหภูมิห้องเผาไหม้แรก สำหรับเตาเผาชนิดควบคุมอากาศไว้ที่ประมาณ 600 °C และขอบเขตบน (Upper Limit) ไว้ที่ประมาณ 800 °C (Anthony J. Buonicore , Louis Theodore : 1982) จากภาพที่ 4.4 และ 4.5 ซึ่งแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของเผาไหม้ที่หนึ่งของเตาเผาที่ทำการทดสอบพบว่า มีอุณหภูมิเฉลี่ยของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 ที่ 832.77 °C และ 868.04 °C ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดของ US.EPA และของข้อกำหนดของเตาเผาที่ออกแบบ ซึ่งกำหนดไว้ที่ 700 – 800 °C ทั้งนี้ เนื่องจากเกิดการระเหยกลายเป็นก๊าซของขยะที่นำมาเผาสูงมาก

ได้ทำการทดสอบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองที่ 1 กับการทดลอง ที่ 2 ของการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผา ด้วยสถิติ Paired T-test โดยใช้โปรแกรม SPSS มีผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.7

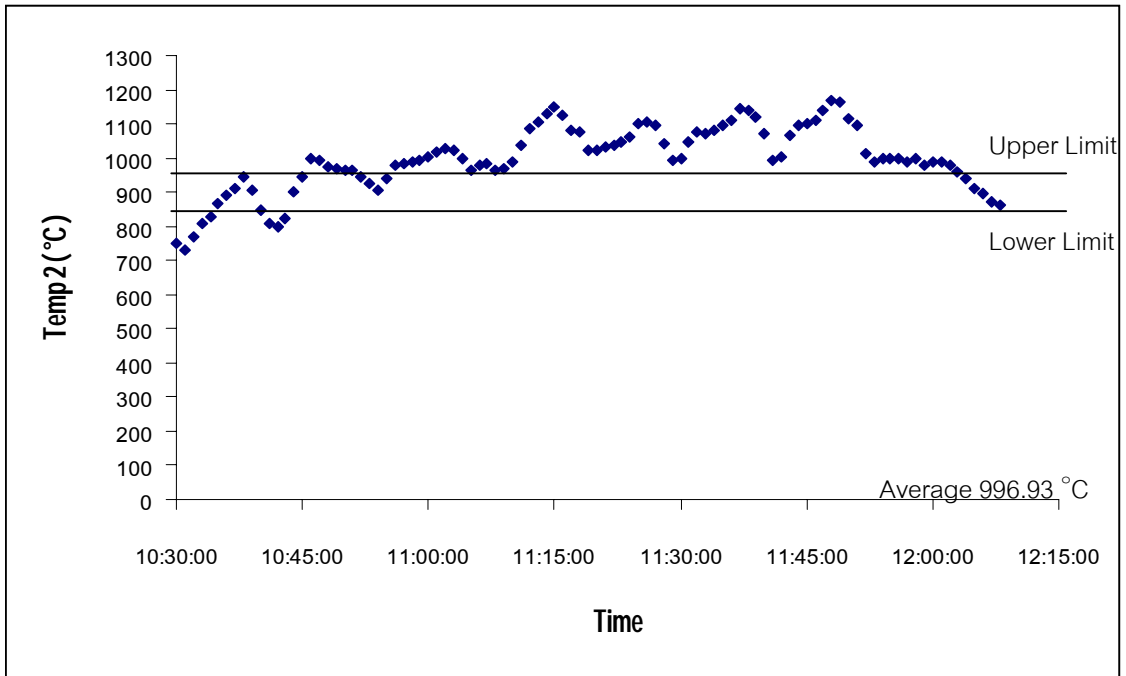
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองครั้งที่ 1 กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองครั้งที่ 2

ประสิทธิภาพเตาเผา	อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง				t	P
	การทดลองที่ 1		การทดลองที่ 2			
	(N = 99)	(N = 99)	(N = 99)	(N = 99)		
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
	832.767	159.690	865.111	135.582	-1.834	.070

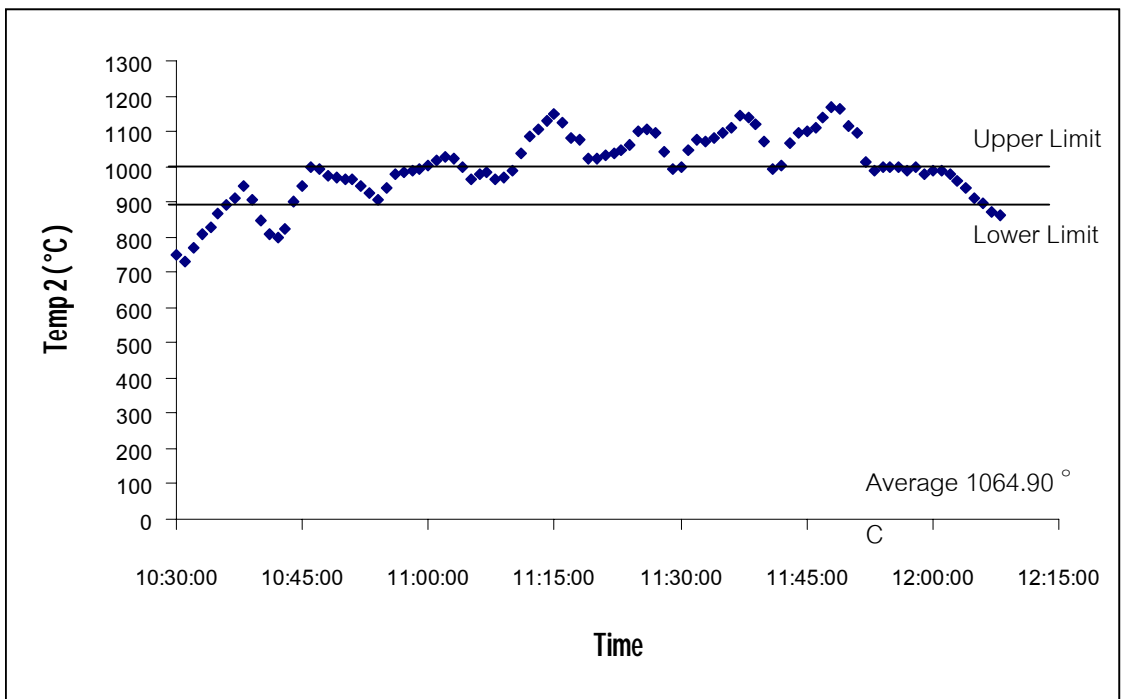
จากตารางที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ของการทดลองที่ 1 กับอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองที่ 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่า ไม่ว่าจะปรับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งให้คงที่ที่อุณหภูมิช่วง 400-500 องศาเซลเซียส หรือ 700-800 องศาเซลเซียส จะไม่สามารถควบคุมให้อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งเป็นไปตามข้อกำหนด

กรณีที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งได้ทั้งสองการทดลองนั้น สาเหตุเพราะขยะที่ทำการเผามีค่าความร้อน (Heating Value) สูง กล่าวคือ ค่าความร้อนของพลาสติก = 33,437.24 KJ/Kg, ยาง = 26,367.51 KJ/Kg, หนั๋ง = 20,593.65 KJ/Kg เศษกระดาษ = 17,620.34 KJ/Kg เป็นต้น ดังนั้นเมื่อขยะถูกเผาไหม้จึงทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่หนึ่งสูงมากกว่าที่ควบคุม ซึ่งเป็นผลดีต่อการประหยัดเชื้อเพลิง มีการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อการเผาขยะน้อยลง ทั้งนี้เพราะขณะที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง สูงกว่าค่ากำหนด หัวเผา (Burner) จะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ แต่ก็มีข้อเสียเมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง สูงมาก ๆ ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะจะสูงตามด้วย และเคลื่อนที่ออกจากห้องเผาสู่ปล่องด้วยอัตราเร็วที่สูง ส่งผลให้ปริมาณฝุ่นในเตาเผาเคลื่อนตัวไปพร้อมกับกระแสก๊าซที่เกิด ดังนั้นปริมาณฝุ่น (TSP) จะมีค่าสูง บางครั้งจะเกิดควันดำระบายจากปล่องเตาเผา

2. อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง



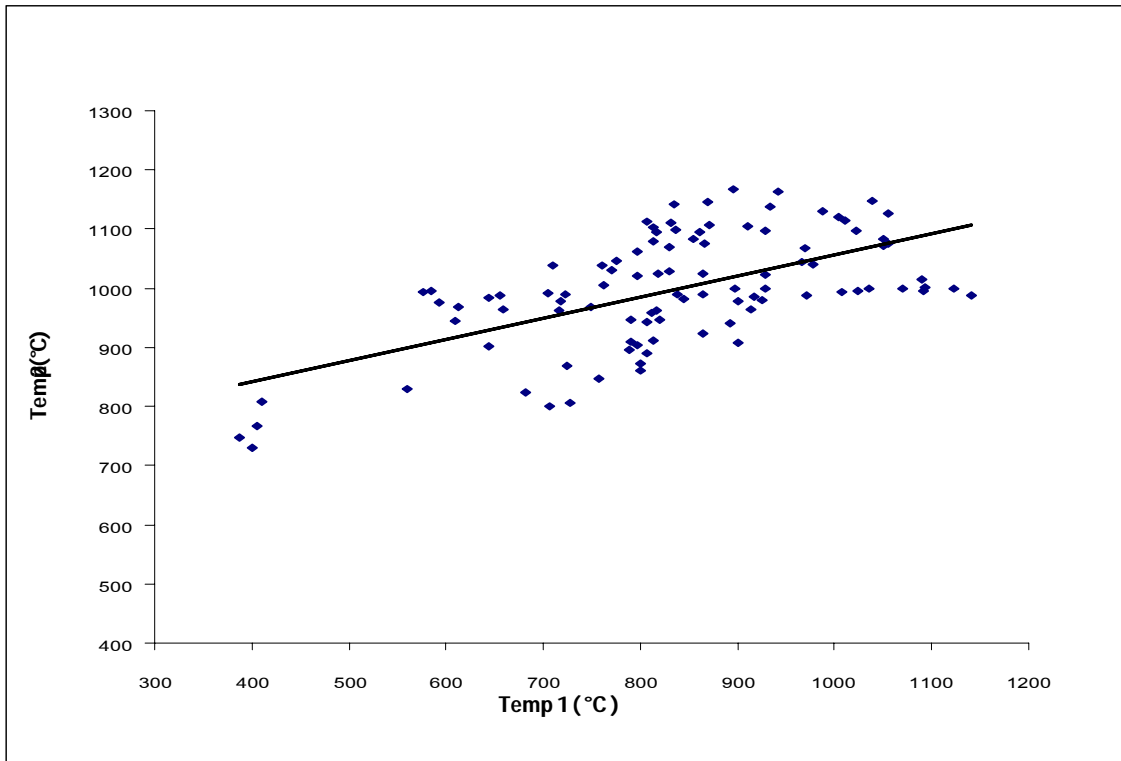
ภาพที่ 4.6 อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาไหม้ที่สอง การทดลองที่ 1



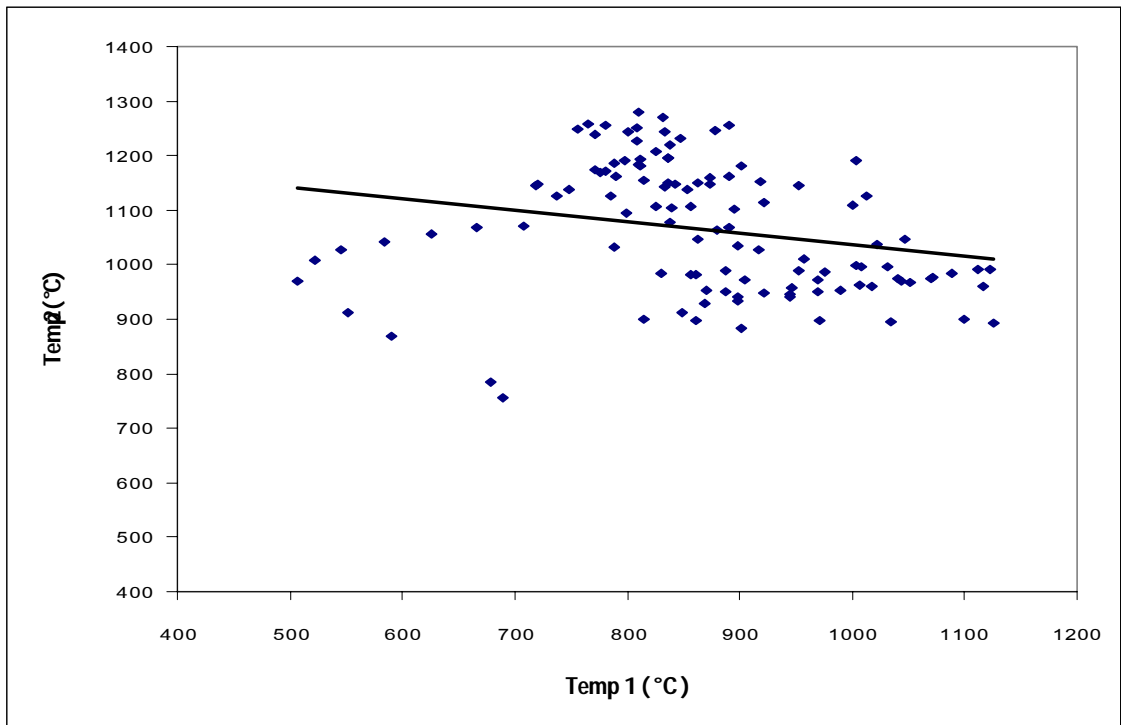
ภาพที่ 4.7 อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาไหม้ที่สอง การทดลองที่ 2

ห้องเผาไหม้ที่สอง ทำหน้าที่รองรับก๊าซร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ขยะในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง โดยมาทำการเผาไหม้ซ้ำ ซึ่งมีการเติมออกซิเจน ช่วยการเผาไหม้ในปริมาณมากเกินพอเพื่อให้ไอเสียกลายเป็นผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ นอกจากนี้การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ที่สองยังมีความสำคัญสำหรับการเผาทำลายผลิตภัณฑ์ ที่อาจเป็นต้นเหตุของการเกิดสารไดออกซิน (Dioxin) ดังนั้น อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองจึงเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะต้องควบคุมให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยอุณหภูมิที่ห้องเผาไหม้ที่สองที่ต่ำเกินไป จะไม่สามารถเผาทำลายผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นเหตุ การเกิดสารไดออกซิน ได้ ในขณะที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองที่สูงเกินไป จะทำให้เปลืองเชื้อเพลิง เนื่องจากการรักษาอุณหภูมิให้สูงต้องจ่ายเชื้อเพลิงมาก และอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุทนไฟภายในห้องเผาไหม้ด้วย US.EPA ได้แนะนำขอบเขตบนอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองไว้ไม่เกิน $1,000^{\circ}\text{C}$ และขอบเขตล่างไว้ไม่เกิน 900°C (Anthony J.Buonicore , Louis Theodore : 1982) จากภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 จะพบว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาได้อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาไหม้ที่สองของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 มีค่า 996.93°C และ 1064.73°C ตามลำดับ

3. ความสัมพันธ์อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งกับห้องเผาไหม้ที่สอง



ภาพที่ 4.8 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งกับห้องเผาไหม้ที่สองการทดลองที่ 1



ภาพที่ 4.9 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งกับห้องเผาไหม้ที่สองการทดลองที่ 2

จากการทดลองที่ 1 และผลการทดลองที่ 2 เมื่อปรับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งไปที่อุณหภูมิระหว่าง 400 – 500 °C ซึ่งต่ำกว่าค่ากำหนดของเตาเผาและอุณหภูมิระหว่าง 700 – 800 °C ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่ากำหนดของเตาเผา และปรับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองจาก 800 °C , 900 °C , 1000 °C , 1100 °C และ 1200 °C ทุกช่วงเวลา 18 นาที ระหว่างการเผาไหม้ พบว่าในระหว่างการทดลองไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งให้อยู่ในระหว่างค่าที่กำหนดได้ ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากขยะที่ถูกเผาในเตาเผา ทำให้อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งสูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา ขณะที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองสามารถควบคุมได้ แต่ก็เปลี่ยนแปลงตามค่าความร้อนจากห้องเผาไหม้ที่หนึ่งด้วย ภาพที่ 4.8 และภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งและห้องเผาไหม้ที่สอง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) ของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 มีค่า 0.59 และ -0.23 ตามลำดับ ดังตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 4.8 และ 4.9

ดังนั้น ขณะที่ห้องเผาไหม้ที่หนึ่งมีความร้อนสูง เนื่องจากขยะที่มีค่าความร้อนสูง (Heating Value) ถูกเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ความร้อนจากห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง จะถูกส่งผ่านไปยังห้องเผาไหม้ที่สอง ทำให้อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองสูงขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งกับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ของการทดสอบในการทดลองที่ 1

ประสิทธิภาพเตาเผา	อุณหภูมิ	
	ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง	ห้องเผาไหม้ที่สอง
อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง	1.00	.595**
อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง	.595**	1.00

** หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ของการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาในการทดลองครั้งที่ 1 พบว่า อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ($r = .595$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.7 กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งเพิ่มขึ้นอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองจะเพิ่มขึ้นตาม

ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งกับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ของการทดสอบในการทดลองที่ 2

ประสิทธิภาพเตาเผา	อุณหภูมิ	
	ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง	ห้องเผาไหม้ที่สอง
อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง	1.00	.233*
อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง	.233*	1.00

* หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ของการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาในการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีความสัมพันธ์ผกผัน เชิงเส้น ($r = -.233$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.8 กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งเพิ่มขึ้น อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองจะลดลงเล็กน้อย

ได้ทำการทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาทั้ง 2 ครั้ง ในแต่ละช่วงของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองตั้งแต่ 800, 900, 1000 และ 1100 องศาเซลเซียส โดยใช้สถิติ Paired T-test โปรแกรม SPSS ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และสรุปวิเคราะห์การทดสอบในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองที่ 1 กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดลองที่ 2 ในแต่ละช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่ 2

ประสิทธิภาพของเตาเผาใน อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง	อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง				t	p
	การทดลองที่ 1		การทดลองที่ 2			
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
800 องศาเซลเซียส	559.777	160.104	883.666	194.111	-7.447	.000
900 องศาเซลเซียส	803.594	143.039	942.756	131.637	-4.177	.000
1000 องศาเซลเซียส	876.823	123.947	797.176	162.797	1.522	.148
1100 องศาเซลเซียส	927.333	83.356	849.733	93.021	2.151	.049

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ในแต่ละช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สองตั้งแต่ 800-1100 องศาเซลเซียส

	$\bar{X} \pm SD$	p-value
T1 8001-T1 8002	-323.88 \pm 130.47	0.000
T1 9001-T1 9002	-139.16 \pm 205.62	0.000
T110001-T1 10002	79.64 \pm 215.77	.148
T1 11001-T1 11002	77.60 \pm 139.73	.049

P-value ของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยใช้ Paired T-test

จากตารางที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้ อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดสอบครั้งที่ 1 กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดสอบครั้งที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สองที่ 800 และ 900 องศาเซลเซียส และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สำหรับช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สองที่ 1100 องศาเซลเซียส ยกเว้นช่วงอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองที่ 1000 องศาเซลเซียส ให้ผลไม่แตกต่างกัน

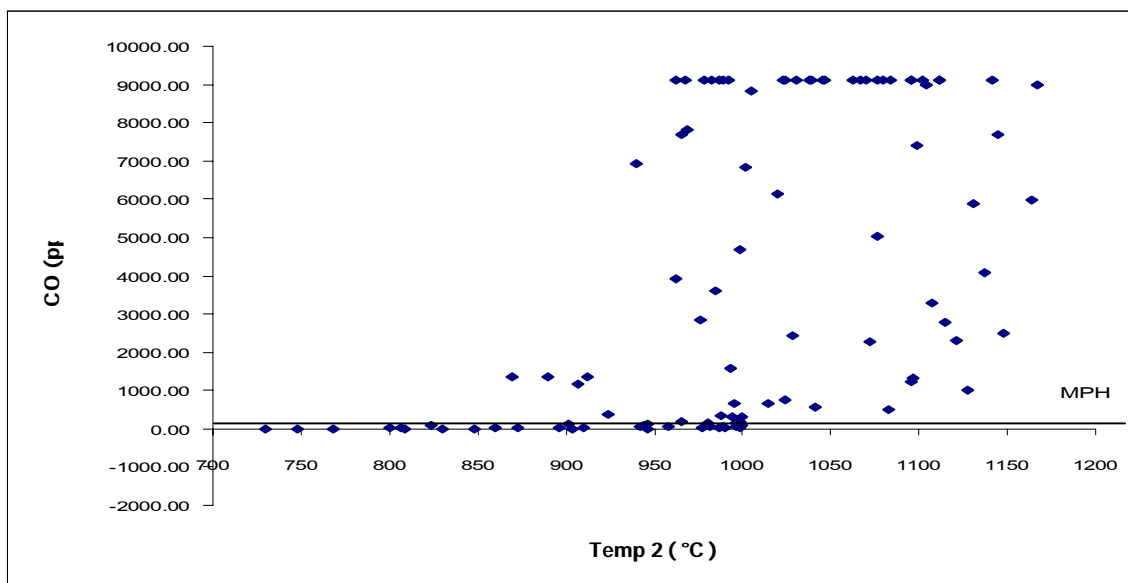
ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ แสดงว่าอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง มีผลต่อค่า Emission ของก๊าซ CO, SO₂, NO_x และยังมีผลต่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง

ตารางที่ 4.12 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศจากเตาเผาขยะมูลฝอยชนิดควบคุมอากาศ ของ
สวนอุตสาหกรรมศรีเทพพัฒนา กบินทร์บุรี

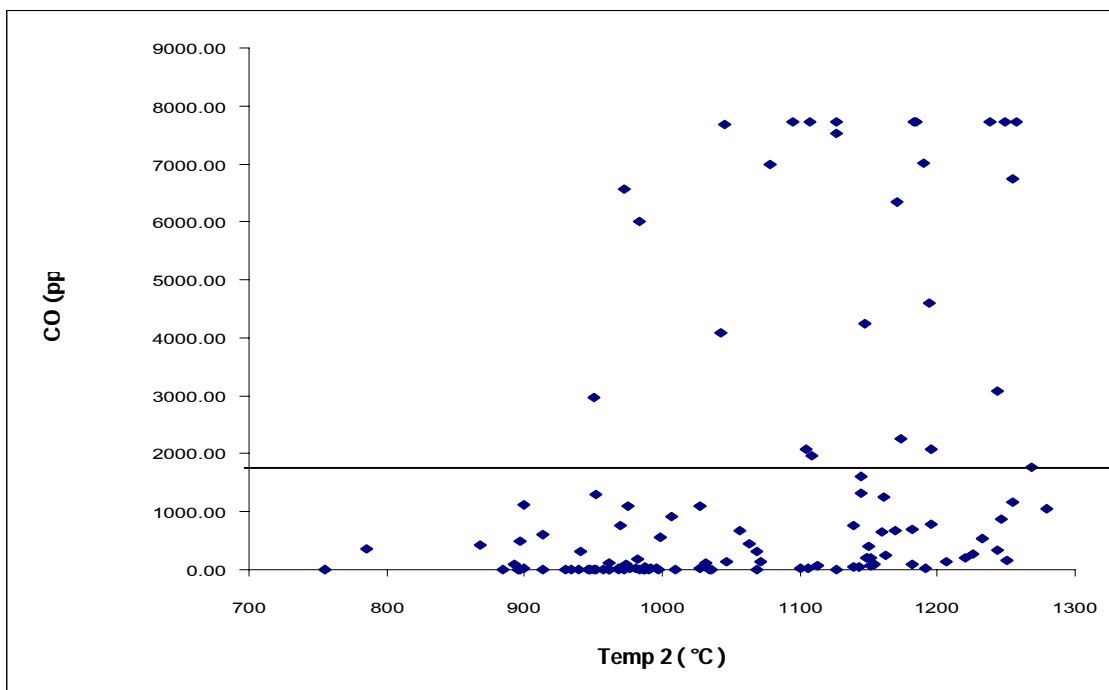
หมายเหตุ ที่มา 1. มาตรฐานมลพิษของกระทรวงอุตสาหกรรม อ้างอิงตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2545 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นอันตรายจากอุตสาหกรรม

2. คัดแปลงจากประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 63ง ลงวันที่ 7 สิงหาคม 2540 และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้เตาเผามูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 63ง ลงวันที่ 7 สิงหาคม 2540 (ให้คำนวณความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศที่สถานะอ้างอิงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท)

4. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



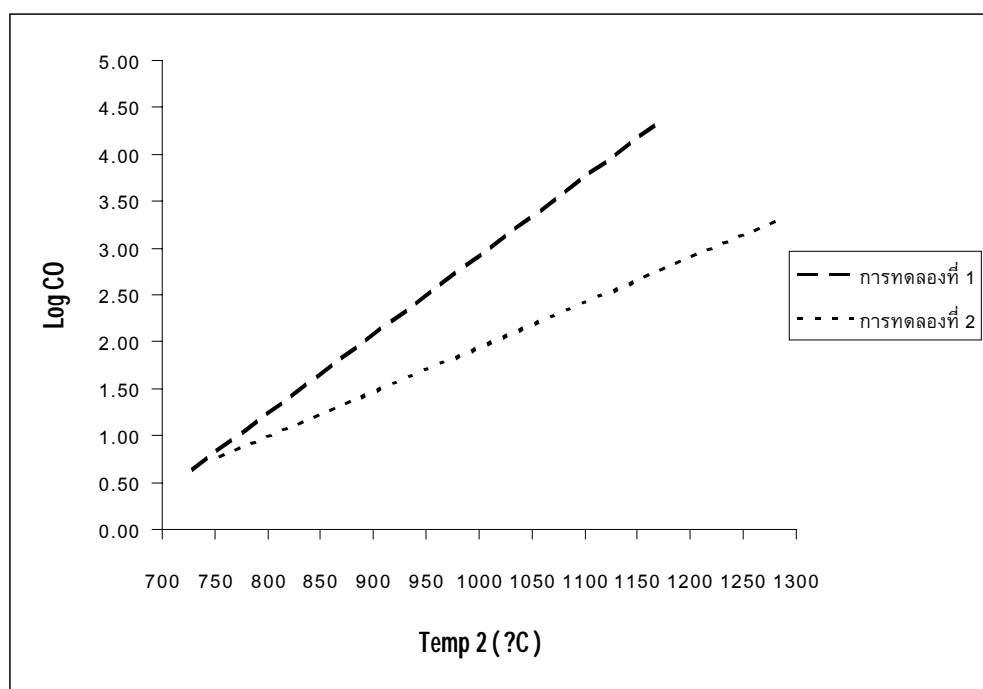
ภาพที่ 4.10 ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ การทดลองที่ 1



ภาพที่ 4.11 ค่าก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ การทดลองที่ 2

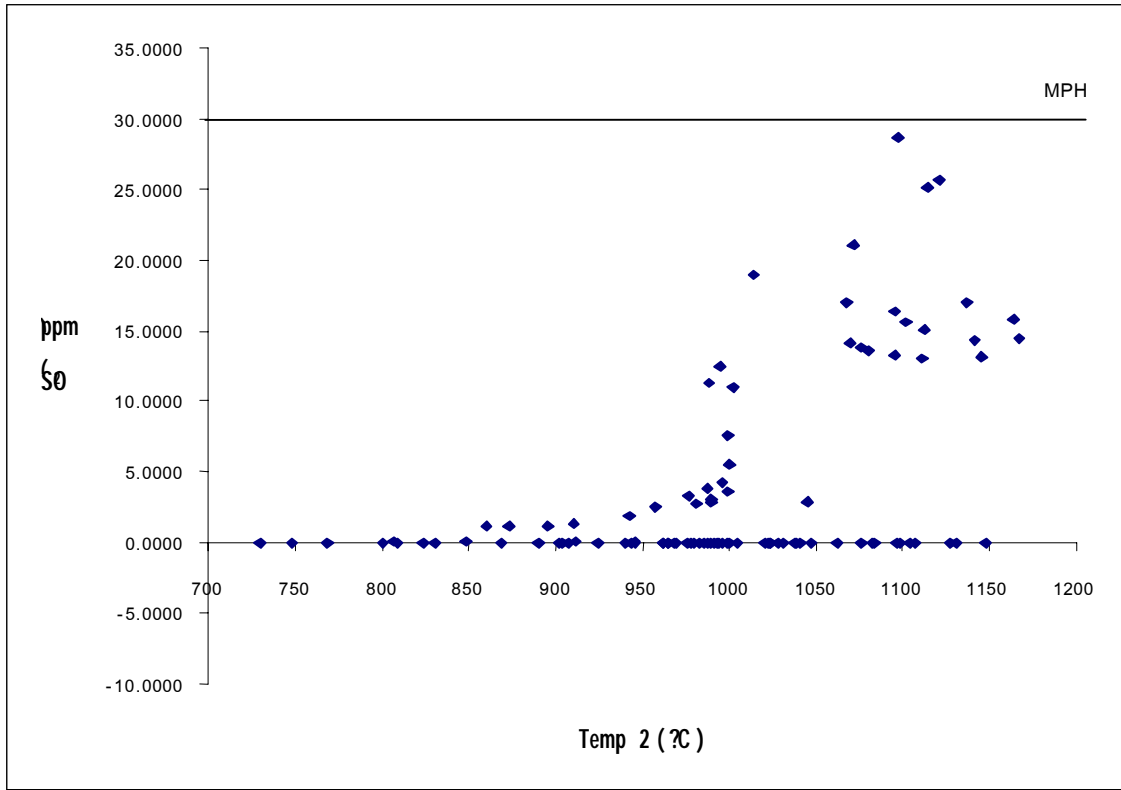
ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีรสและกลิ่น เบากว่าอากาศเล็กน้อย เมื่อหายใจเข้าไปจะสามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน 200 – 250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอนซีสโมลบิน ทำให้เลือดนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ น้อยลง การเกิดคาร์บอนซีสโมลบินในเลือดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่หายใจเข้าไป ดังนั้น เมื่อได้รับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าไปจะทำให้ร่างกายได้รับก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอ หัวใจทำงานสูบฉีดเลือดมากขึ้น มีอาการมึนงง ตาพร่ามัว ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย เป็นลม หมดสติ และถึงแก่ความตายในที่สุด

คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้ตัวหนึ่ง กระทรวงสาธารณสุขกำหนดมาตรฐานการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากเตาเผามูลฝอยมีค่าไม่เกิน 125 mg / m^3 หรือ 109 ppm และมาตรฐานของ US.EPA กำหนดไว้ที่ 40 mg / m^3 หรือเท่ากับประมาณ 38 ppm จากภาพที่ 4.10 ภาพที่ 4.11 และภาพที่ 4.12 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดระหว่างการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผาชนิดควบคุมอากาศ ทั้งการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 มีค่า 3,860.25 ppm และ 1,517.75 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้ เนื่องจากขยะที่เข้าเผามีองค์ประกอบของยางยืดพลาสติก และผ้าในค่อนข้างมาก จึงเกิดก๊าซระเหิดในปริมาณสูงและรวดเร็ว และอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งสูงเกินไป ไม่สามารถรักษาอุณหภูมิระหว่างการเผาไหม้ตามขอบเขตที่กำหนดได้

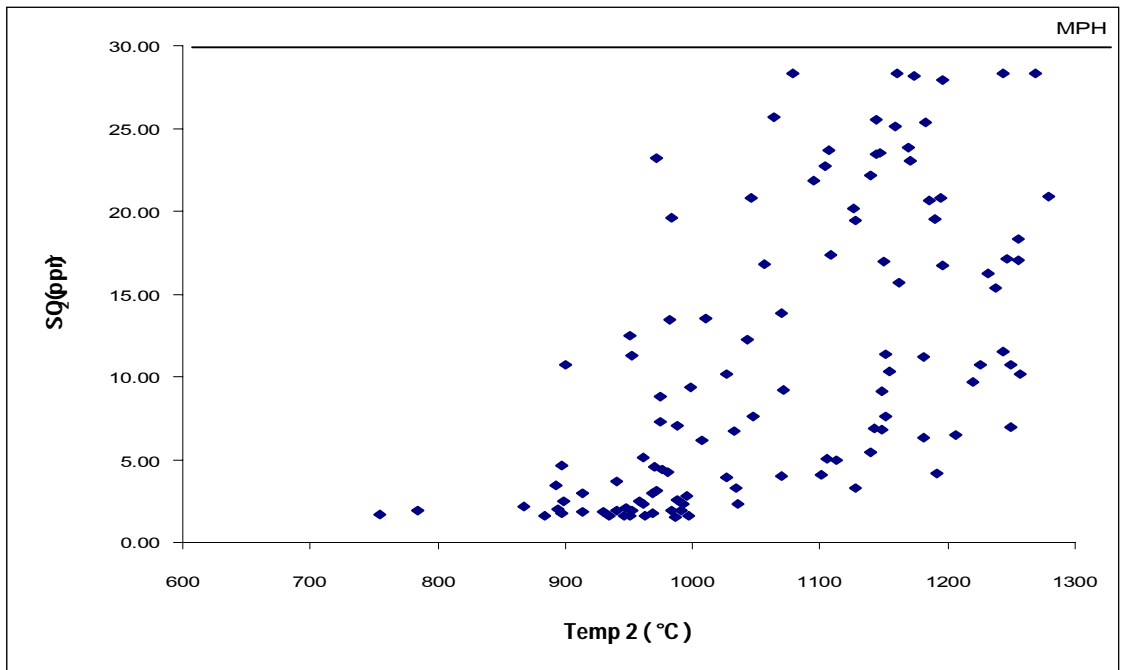


ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2

5. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

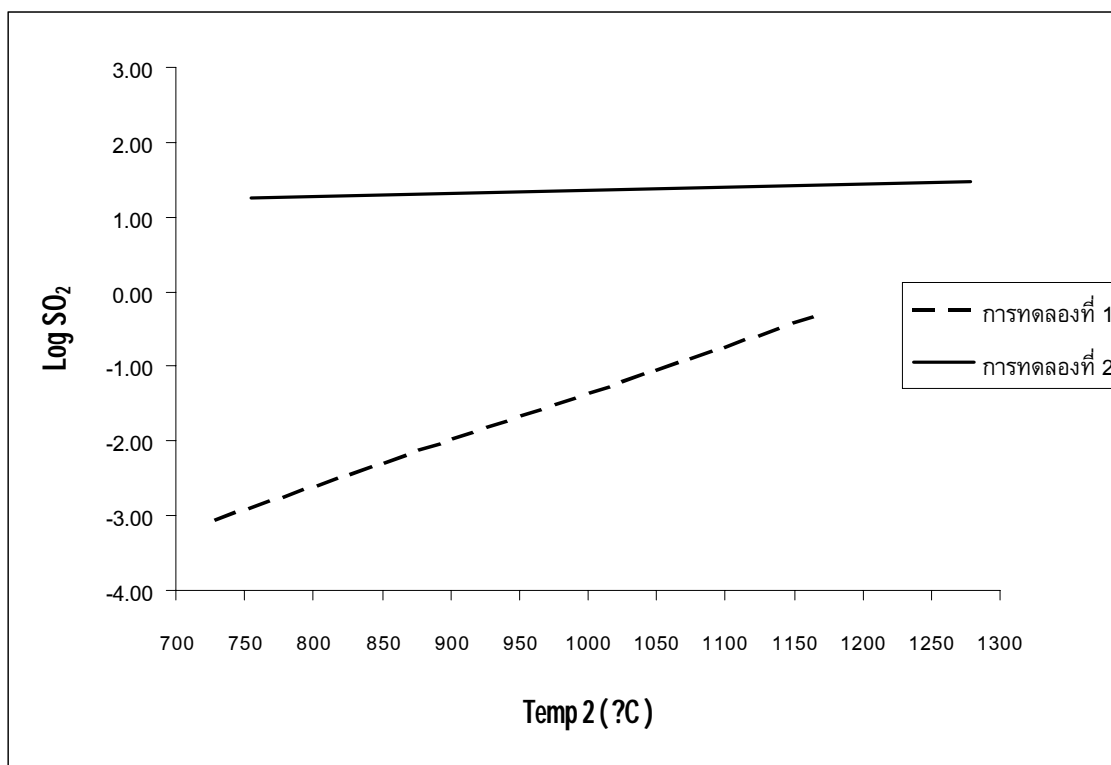


ภาพที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การทดลองที่ 1



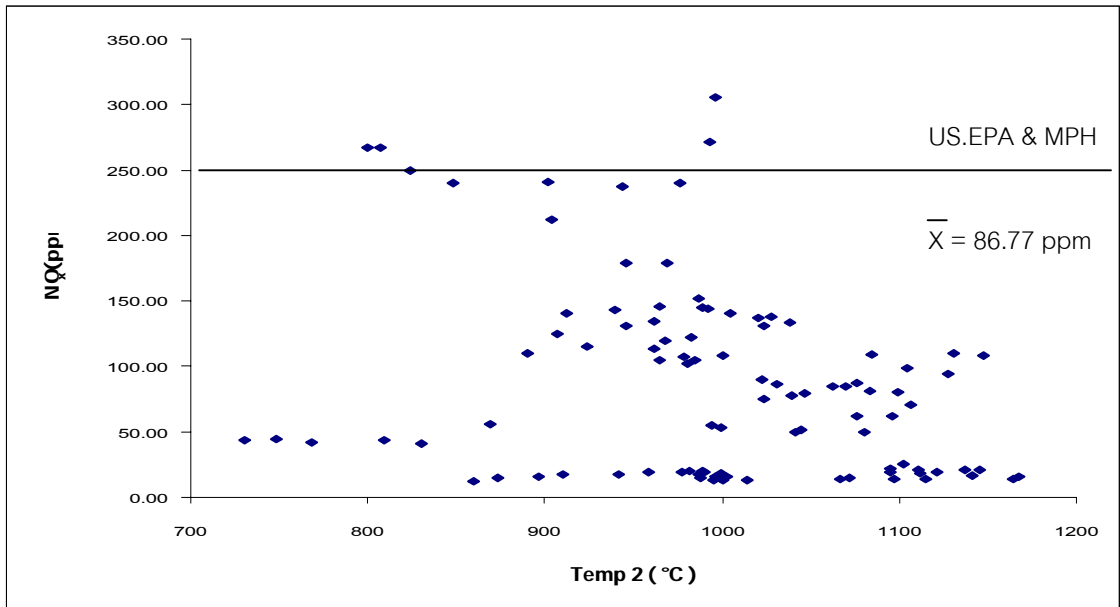
ภาพที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การทดลองที่ 2

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี เกิดจากการรวมตัวกันของกำมะถันในขณะ
 กับออกซิเจนในระหว่างการเผาไหม้ สามารถละลายน้ำได้ดีพอสมควร และดูดซึมได้ดีในระบบทาง
 เดินหายใจ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะค่อยทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศ เกิดเป็น
 ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ซึ่งเมื่อรวมตัวกับความชื้นในอากาศจะเกิดเป็นกรดซัลฟูริก
 (H_2SO_4) และเป็นสาเหตุของเกิดฝนกรด (Acid Rain) เมื่อกรดซัลฟูริกรวมกับน้ำในอากาศ
 กระทรวงสาธารณสุข กำหนดมาตรฐานการปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากเตาเผา ซึ่งกำหนดให้มี
 ค่าไม่เกิน 30 ppm จากภาพที่ 4.13 ภาพที่ 4.14 และภาพที่ 4.15 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ย ก๊าซซัลเฟอร์
 ไดออกไซด์ ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผาขยะ ทั้งการทดลองที่ 1 และการทดลอง
 ที่ 2 มีค่า 4.14 ppm และ 10.83 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

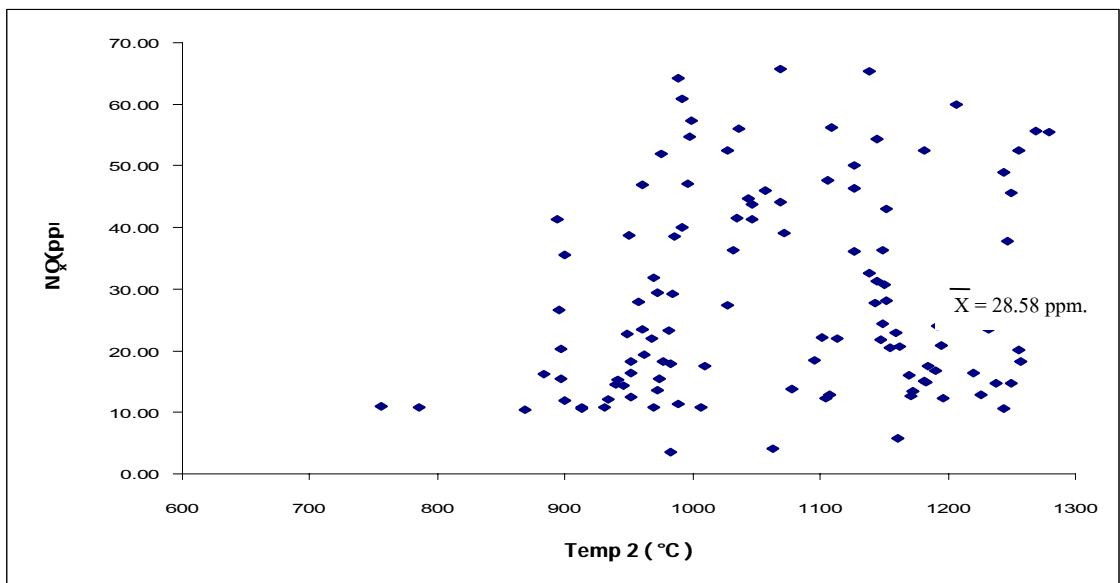


ภาพที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2

6. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน

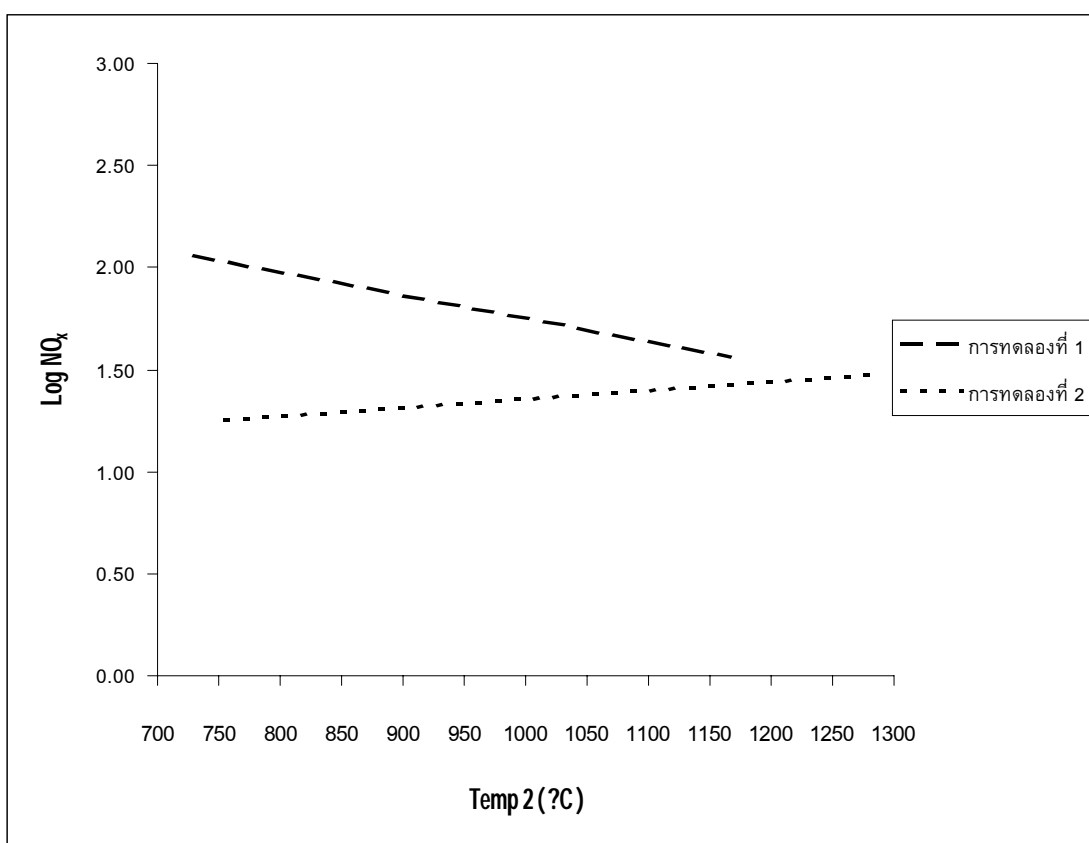


ภาพที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน การทดลองที่ 1



ภาพที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยออกไซด์ของไนโตรเจน การทดลองที่ 2

ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของไนโตรเจนกับออกซิเจน ในระหว่างการเผาไหม้ขยะที่อุณหภูมิสูง ยังไม่มีรายงานยืนยันระดับของออกไซด์ของไนโตรเจนที่พบในอากาศทั่วไปที่จะทำอันตรายต่อสุขภาพได้ เมื่อหายใจเอาอากาศนี้เข้าไป จะทำให้เกิดความระคายเคืองในถุงลม (Alveoil) ทำให้เกิดอาการคล้ายกับโรคหลอดลมตีบตัน (Emphysema) โดยเฉพาะในบุคคลที่เป็นโรคหืดอยู่แล้ว นอกจากนี้แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ยังเป็นแหล่งกำเนิดชนิดทุติยภูมิ (Secondary Source) ของมลพิษทางอากาศ นั่นคือเมื่อรวมตัวกับไฮโดรคาร์บอนและโอโซนที่มีอยู่ในแสงแดดแล้วอาจก่อให้เกิดหมอกหรือ Smog ได้ กระทรวงสาธารณสุขกำหนดมาตรฐานการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนจากเตาเผาขยะ ต้องมีค่าไม่เกิน 250 ppm จากภาพที่ 4.16 ภาพที่ 4.17 และภาพที่ 4.18 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผาขยะ ทั้งการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 มีค่า 86.77 ppm และ 28.58 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด



ภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนของการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2

ตารางที่ 4.13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง กับมลพิษอากาศที่ปล่อยเตาเผาการทดลองที่ 1

ประสิทธิภาพเตาเผา	มลพิษอากาศที่ปล่อยเตาเผา		
	ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน
ห้องเผาไหม้ที่สอง	.524**	.508**	-318*

** หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองกับปริมาณมลพิษอากาศที่ปล่อยเตาเผาของการทดสอบครั้งที่ 1 พบว่าอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองกับมลพิษอากาศมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกมลพิษอากาศ ซึ่งอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองกับ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันมากที่สุด ($r = .524$) รองลงมาคือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ($r = .508$) และอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองมีความสัมพันธ์ ในทางผกผันกับก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ($r = -.318$) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่ามลพิษอากาศของก๊าซแต่ละชนิดที่ปล่อยเตาเผา กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง พบว่า

(1) *ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์* มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทางเดียวกัน ($r = .524$) กล่าวคือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองเพิ่มขึ้น

(2) *ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์* มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทางเดียวกัน ($r = .508$) กล่าวคือ ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองเพิ่มขึ้น

(3) *ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน* มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความสัมพันธ์ผกผันเชิงเส้น ($r = -.318$) กล่าวคือปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน จะลดลงเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองกับมลพิษอากาศที่ปล่อยเตาเผา ในการทดลองครั้งที่ 2

ประสิทธิภาพเตาเผา	มลพิษอากาศที่ปล่อยเตาเผา		
	ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน
ห้องเผาไหม้ที่สอง	.354**	.612**	.171

** หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4.14 แสดงผลวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองกับปริมาณมลพิษอากาศที่ปล่อยเตาเผาของการทดสอบครั้งที่ 2 พบว่า อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองกับมลพิษอากาศมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เฉพาะก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ส่วนก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่ามลพิษอากาศของก๊าซแต่ละชนิดที่ปล่อยเตาเผากับอุณหภูมิเผาไหม้ที่สองพบว่า

(1) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน ($r = .354$) กล่าวคือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองเพิ่มขึ้น

(2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทางเดียวกัน ($r = .612$) กล่าวคือ ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเผาไหม้เพิ่มขึ้น

(3) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ไม่มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง ($r = .171$) กล่าวคือ ปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนจะมีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองเพิ่มขึ้น

ได้ทำการทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษ CO, SO₂ และ NO_x ที่เกิดจากการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาของการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2 ในแต่ละช่วงอุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองด้วยสถิติ Paired T-test จากโปรแกรม SPSS ดังแสดงในตารางที่ 4.15 และวิเคราะห์ผลการทดสอบในตารางที่ 4.16 ดังนี้

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการเผาของการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2 ในช่วงอุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สอง

ประสิทธิภาพเตาเผา	ปริมาณก๊าซมลพิษ				t	p
	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2			
	(N = 7)		(N = 7)			
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์	26.072	33.994	154.520	216.694	-1.500	.184
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	.173	.422	2.588	1.075	-5.464	.002
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน	159.961	120.498	23.714	11.325	2.793	.031

จากตารางที่ 4.15 พบว่าในช่วงอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอยู่ระหว่าง 800 องศาเซลเซียส ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนในการทดสอบครั้งที่ 1 และการทดสอบครั้งที่ 2 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบความแตกต่างของเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ของการทดลองครั้งที่ 1 กับการทดลองครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองช่วง 900 องศาเซลเซียส

ประสิทธิภาพเตาเผา	ปริมาณก๊าซมลพิษ				t	p
	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2			
	(N = 37)		(N = 37)			
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์	2798.531	3733.165	591.395	1495.878	3.455	.001
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	1.344	2.877	5.175	5.210	-4.535	.000
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน	115.196	81.613	26.168	16.553	6.850	.000

จากตารางที่ 4.16 พบว่าในช่วงอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอยู่ระหว่าง 900 องศาเซลเซียส ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาของการทดลองครั้งที่ 1 กับการทดลองครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่ 2 ช่วง 1000 องศาเซลเซียส

ประสิทธิภาพเตาเผา	ปริมาณก๊าซมลพิษ				t	p
	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2			
	(N = 17)		(N = 17)			
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	5851.105	3961.121	1800.814	2873.779	3.980	.001
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	2.258	5.190	12.145	8.093	-3.920	.001
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน	83.801	44.256	35.475	17.316	4.265	.001

จากตารางที่ 4.17 พบว่าในช่วงอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองอยู่ระหว่าง 1,000 องศาเซลเซียส ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบความแตกต่าง ๆ ของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาของการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2 ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองช่วง 1000 องศาเซลเซียส

ประสิทธิภาพเตาเผา	ปริมาณก๊าซมลพิษ				t	p
	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2			
	(N = 15)		(N = 15)			
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์	5990.698	3070.934	2340.222	2985.336	3.029	.009
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	11.277	9.048	15.178	8.888	-1.172	.261
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน	44.678	38.988	35.916	16.555	.773	.453

จากตารางที่ 4.18 พบว่าในช่วงอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง อยู่ระหว่าง 1100 องศาเซลเซียส ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และออกไซด์ของไนโตรเจน ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยของก๊าซที่ระบายออกจากปล่องเตาเผา ที่ช่วง
อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ของการทดลองครั้งที่ 1 กับการทดลองครั้งที่ 2 ของ
การทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา

ก๊าซมลพิษ	$\bar{X} \pm SD$	t	p-value
CO 8001 – CO 8002	-128.44 \pm 226.51	-1.500	.184
CO 9001 – CO 9002	2207.13 \pm 3885.50	3.455	.001
CO 10001 – CO 10002	4050.29 \pm 1017.74	3.980	.001
CO 11001 – CO 11002	3650.47 \pm 4668.00	3.029	.009
SO28001 – SO28002	-241 \pm 1.16	-5.464	.002
SO29001 – SO29002	-3.83 \pm 5.13	-4.535	.000
SO210001 – SO210002	-9.88 \pm 10.39	-3.920	.001
SO211001 – SO211002	-3.90 \pm 12.89	-1.172	.261
NOX8001 – NOX8002	136.24 \pm 129.05	2.793	.031
NOX9001 – NOX9002	89.02 \pm 79.05	6.850	.000
NOX10001 – NOX10002	48.32 \pm 46.71	2.265	.001
NOX11001 – NOX11002	8.76 \pm 43.91	.773	.453

p-value ของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้ Paired T-test

จากตารางที่ 4.19 แปรผลได้ดังนี้

(1) อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ที่ช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 900-1100 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าก๊าซ CO แตกต่างกันระหว่างการทดสอบครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นช่วงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ให้ผลไม่แตกต่างกัน

(2) อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 800 – 1000 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าก๊าซ SO2 แตกต่างกันระหว่างการทดสอบครั้งที่ 1 กับการทดสอบครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นช่วงอุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสให้ผลไม่แตกต่างกัน

(3) อุณหภูมิห้องเผาที่สอง ช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 800-1000 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าก๊าซ NOx แตกต่างกันระหว่างการทดลองที่ 1 กับการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นช่วงอุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส ให้ผลไม่แตกต่างกัน

สรุป ผลการวิเคราะห์ทุกช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ของห้องเผาที่สองมีผลต่อค่า Emission ของก๊าซ CO, SO₂ และ NOx นั่นคือ อุณหภูมิห้องเผาที่สองมีผลทำให้ปริมาณก๊าซที่เกิดจากการเผาขยะที่แตกต่างกันในช่วงอุณหภูมิ 900 – 1100 องศาเซลเซียส สำหรับก๊าซ CO, ช่วงอุณหภูมิ 800 – 1100 องศาเซลเซียส สำหรับก๊าซ SO₂ และช่วงอุณหภูมิ 800 – 1100 องศาเซลเซียส สำหรับก๊าซ NOx

ได้ทำการทดสอบทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษ CO, SO₂ และ NOx ในแต่ละช่วงอุณหภูมิของห้องเผาใหม่ที่สองที่อุณหภูมิ 800,900,1000,1100 และ 1200 องศาเซลเซียส ของแต่ละการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาในการทดลองกลุ่มเดียวกัน โดยใช้สถิติ F-Test (ANOVA) จากโปรแกรม SPSS ดังแสดงในตารางที่ 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 และวิเคราะห์ผลการทดสอบในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในแต่ละช่วงอุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาใหม่ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาของการทดลองครั้งที่ 1

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	3	448470435.204	149490145.068	13.330	.000
ภายในกลุ่ม	95	1065368802.221	11214408.444		
รวม	98	1513839237.425			

จากตารางที่ 4.20 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในแต่ละช่วงอุณหภูมิของห้องเผาใหม่ที่สองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละช่วง
อุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาครั้งที่ 1

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	3	1349.626	449.875	12.029	.000
ภายในกลุ่ม	95	3552.927	37.399		
รวม	98	4902.554			

จากตารางที่ 4.21 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละช่วง
อุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซออกไซด์จากไนโตรเจนในแต่ละช่วง
อุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาครั้งที่ 1

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	3	61159.776	20386.592	4.085	.009
ภายในกลุ่ม	93	464097.179	4990.292		
รวม	96	525256.955			

จากตารางที่ 4.22 พบว่า ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ
ของห้องเผาไหม้ที่สอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ในแต่ละช่วง
อุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาของการ
ทดลองครั้งที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	4	83893246.517	20973311.629	3.631	.008
ภายในกลุ่ม	109	629533587.561	577553.501		
รวม	113	713426834.079			

จากตารางที่ 4.23 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในแต่ละ
ช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละช่วง
อุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ครั้งที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	4	3211.653	802.913	17.199	.000
ภายในกลุ่ม	109	5088.535	46.684		
รวม	113	8300.189			

จากตารางที่ 4.24 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละช่วง
อุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.25 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในแต่ละช่วง
อุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สองในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา ครั้งที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	4	1796.596	449.149	1.725	.150
ภายในกลุ่ม	109	28386.808	260.429		
รวม	113	30183.404			

7. ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์

ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ระหว่างไฮโดรเจนและคลอรีนที่มีอยู่ในเชื้อเพลิง เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติเป็นกรด ซึ่งหากปล่อยออกจากปล่องเตาเผาจะทำให้เกิดการกัดกร่อนอุปกรณ์ นอกจากไฮโดรเจนคลอไรด์ที่วัดได้จากปล่องเตาเผาจะเป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณคลอรีนที่มีอยู่ในขยะแล้ว ยังเป็นตัวบ่งชี้โอกาสที่จะเกิดสารไดออกซินจากการเผาไหม้ขยะมูลฝอยด้วย กระทรวงสาธารณสุข กำหนดมาตรฐานการปล่อยก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ จากปล่องเตาเผาขยะมูลฝอยให้มีค่าไม่เกิน 136 ppm และ US.EPA กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 100 ppm จากการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่ามีค่าก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์เฉลี่ยเท่ากับ 13.1 ppm ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้ได้ใช้วิธีการตรวจวัดตามมาตรฐานของ US.EPA method 26 (a)

8. ปริมาณฝุ่นละออง

ปริมาณฝุ่นละอองหรืออนุภาคมลสารวัดในรูปอนุภาคแขวนลอยรวม (Total Suspended Particulate) จัดว่าเป็นมลพิษตัวหนึ่ง ซึ่งเกิดจากอนุภาคแขวนลอยที่ระเหิดมาจากขยะมูลฝอยในห้องเผาไหม้แรกและลอยออกมากับลำก๊าซในห้องเผาไหม้ที่สอง โดยทั่วไปห้องเผาไหม้ที่สองมีขนาดใหญ่เพียงพอและความเร็วก๊าซในห้องเผาไหม้ไม่สูงเกินไป จะทำให้อนุภาคมลสารหลุดออกมาน้อย ซึ่งเตาเผาที่ออกแบบเป็นเตาเผาระบบแบบควบคุมอากาศ มีการควบคุมให้อากาศที่จ่ายเข้าห้องเผาไหม้แรกถูกจ่ายในอัตราที่ต่ำ ซึ่งทำให้มีสารระเหิดเกิดขึ้นน้อยตามไปด้วย กระทรวงสาธารณสุข กำหนดมาตรฐานการปล่อยอนุภาคมลสารจากเตาเผาขยะมูลฝอยมีค่าไม่เกิน 200 mg / m³ จากผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองหรืออนุภาคมลพิษที่ปล่อยออกจากปล่องระบบเตาเผาที่ทดสอบประสิทธิภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,021 mg/m³ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีค่าเกินเกณฑ์ที่กระทรวงสาธารณสุข กำหนด ทั้งนี้ เนื่องจากมีระเหิดของขยะมูลฝอยในห้องเผาไหม้ที่สูงมาก ทำให้อนุภาคมลสารที่เกิดจากการเผาขยะถูกพาไปก๊าซที่ปลดปล่อยออกปล่องเตาเผาในอัตราที่สูงด้วย

9. ค่าความทึบแสง (Opacity)

ค่าความทึบแสง เป็นการตรวจวัดค่าความดำหรือค่าที่แสดงถึงการยอมให้แสงผ่านได้ของก๊าซไอโซนที่ปล่อยออกจากปล่องระบาย ค่าความทึบแสงจะวัดเป็นร้อยละของการมองผ่านควัน ตาม Ringlemann Scale) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือไม่เกินร้อยละ 20 ไม่เกินร้อยละ 40 ไม่เกินร้อยละ 40 ไม่เกินร้อยละ 60 ไม่เกินร้อยละ 80 และมากกว่าร้อยละ 80 ความดำก๊าซไอเสียถือเป็นมลพิษทางสายตา และเป็นมลพิษประการแรกที่คนทั่วไปสัมผัสได้ กระทรวงสาธารณสุขกำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงของก๊าซไอเสียที่ปล่อยระบายจากเตาเผาขยะมูลฝอย ให้มีค่าไม่เกิน Ringlemann Scale ร้อยละ 30 จากผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงจากระบบเตาเผาขยะมูลฝอย โดยวิธีคู่มือลักษณะควัน และระยะทางปลายสุดของควันที่ลอยไป ในขณะทดสอบประสิทธิภาพแล้วพบว่ามีความทึบ (G) , เทาเข้ม (DG) , ดำ (D) และไม่มีควัน (ND) เป็นระยะๆ ตลอดเวลาระหว่างการทดลอง เมื่อแปลงค่าเป็นค่าความทึบแสงของ Ringlemann Scale) พบว่ามีค่าไม่เกิน Ringlemann Scale ร้อยละ 30 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับค่าในการออกแบบ

ในการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับข้อมูลการออกแบบได้ทำการพิจารณาข้อมูลหลักที่สำคัญ ซึ่งประกอบด้วย

- (1) อุณหภูมิการเผาไหม้
- (2) อัตราการเผาไหม้หรือการป้อนขยะ
- (3) ปริมาณเถ้า
- (4) ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

โดยเปรียบเทียบแสดงดังจากตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาเทียบกับค่าที่ออกแบบ

ดัชนี	ผลการทดสอบ			ค่าที่ออกแบบ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	
อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง (°C)	832.77	868.04	850.40	700 – 800
อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง (°C)	996.93	1,064.73	1,030.83	1,200
อัตราการเผาไหม้ (กก / ชม)	94.28	95.31	94.79	100
ปริมาณเถ้า (%)	2.66	2.68	2.67	7
อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร / ชม)	14.92	16.00	15.46	10 – 20
ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (ดีเซล) (บาท / กก)	2.29	2.42	2.355	-
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า (บาท / กก)	0.21	0.18	0.195	-
ค่าใช้จ่ายต้นทุนในการเผาขยะ	2.50	2.60	2.55	-

อุณหภูมิห้องเผาไหม้ ผลการเปรียบเทียบพบว่า อุณหภูมิการเผาไหม้ ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของห้องเผาไหม้ที่สองนั้น มีค่าต่ำกว่าค่าออกแบบประมาณ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าอาจเกิดจากความร้อนสูญเสียภายในระบบนอกเหนือจากค่าที่คำนวณออกแบบและขยะมีความหลากหลายไม่เป็นเนื้อเดียวกัน สำหรับอัตราการป้อนขยะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบ ส่วนปริมาณเถ้ามีค่าน้อยกว่าที่ออกแบบ ทั้งนี้ เกิดจากประเภทของขยะอุตสาหกรรมที่ใช้เผา เป็นชนิดที่เผาไหม้ได้ดี ให้ค่าความร้อนเกิดขึ้นสูง จนเผาไหม้มากและเหลือเถ้าน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.27

10. อัตราการป้อนขยะ

อัตราการเผาไหม้เป็นการบอกความสามารถในการเผาทำลายขยะต่อชั่วโมง ซึ่งจะนำไปใช้ในการประมาณ ปริมาณขยะที่จะเผาต่อครั้งและประเมินค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากเตาเผาต้นแบบที่ทดสอบประสิทธิภาพ ได้ออกแบบให้สามารถเผาทำลายขยะอุตสาหกรรม โดยมีอัตราการเผาไหม้ประมาณ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้น ในการทดสอบจึงได้กำหนดเกณฑ์อัตราการเผาไหม้ไว้ไม่ต่ำกว่าชั่วโมงละ 100 กิโลกรัม จากการทดสอบได้ค่าอัตราการเผาไหม้เป็น 94.28 และ 95.31 กิโลกรัมต่อชั่วโมงหรือมีค่าเฉลี่ย 94.79 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งพบว่าอัตราการเผาไหม้มีความสัมพันธ์กับอัตราการป้อนขยะเข้าเตาเผา และยังสัมพันธ์กับปริมาณมลพิษอากาศที่เกิดจากเตาเผาอีกด้วย จากการทดลองพบว่าอัตราการป้อนขยะเข้าเตาเผาที่เหมาะสม อยู่ที่การป้อนขยะเข้า

เตาเผาครั้งละประมาณ 20 กิโลกรัมทุกๆ 12 นาทีหรือประมาณ 10 กิโลกรัมทุกๆ 6-8 นาที จึงจะได้อัตราการเผาไหม้เฉลี่ยๆ ตามเกณฑ์ที่กำหนด

11. ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ สามารถใช้เป็นครรชนีแสดงถึงความสามารถในการเผาทำลายของเตาเผาขยะได้ โดยจะบอกร้อยละ โดยมวลที่ลดลงของขยะที่ป้อนเข้าเตาเผา นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการคาดการณ์ปริมาณเถ้าทั้งหมดที่เหลืออยู่ในห้องเผาไหม้ เพื่อใช้คาดการณ์เวลาการปฏิบัติงานเตาเผาว่าสามารถปฏิบัติงานได้อย่างต่อเนื่องทั้งสิ้นที่ชั่วโมงและยังสามารถใช้ในการคาดการณ์พื้นที่ที่ต้องใช้ในการฝังกลบเถ้าดังกล่าวด้วย ปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่หลังการเผาไหม้ มักมีค่าไม่คงที่ เนื่องจากขึ้นอยู่กับขยะที่ป้อนเข้าเตาเผาที่มีสัดส่วนของขยะที่ไม่สามารถเผาทำลายได้มากนักน้อยเพียงใด ส่วนใหญ่วัสดุจำพวกกระป๋อง เหล็ก แก้ว และกระเบื้อง ซึ่งไม่สามารถเผาทำลายให้หมดไปในเตาเผาได้ มักมีสภาพคงเดิมและทำให้เพิ่มปริมาณเถ้าที่ออกจากเตาเผา ซึ่งยังไม่มีเกณฑ์ที่แน่นอนเกี่ยวกับปริมาณเถ้าที่เหลือออกมาจากการเผาไหม้ แต่โดยทั่วไปมักใช้ค่าที่อยู่ในช่วงประมาณ 5-10% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของมูลฝอยที่ทำการเผาในแต่ละครั้งด้วย อย่างไรก็ตาม US.EPA ได้แนะนำว่าปริมาณเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ขยะในเตาเผาควรมีอยู่ประมาณ 7% จากผลการทดลองทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าปริมาณเถ้าเป็น 2.66% และ 2.68% ตามลำดับ หรือเฉลี่ย 2.67% ของเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ ซึ่งปริมาณเถ้ามีค่าน้อยกว่าเกณฑ์กำหนด เนื่องจากขยะที่ใช้เผาเป็นประเภทเศษผ้า - ด้าย พลาสติก และกระดาษเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถเผาทำลายได้มาก

12. คุณภาพเถ้า

เถ้าที่เหลือจากการเผาขยะมูลฝอยในแต่ละครั้งจะเก็บรวบรวมเพื่อนำไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบตามประกาศของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การทิ้งวัสดุอันตราย เมื่อปี พ.ศ. 2540 และได้กำหนดให้เถ้าที่เหลือจากการเผาขยะมูลฝอยต้องมีปริมาณโลหะหนักไม่เกินค่าที่กำหนด จากการเก็บตัวอย่างเถ้า เพื่อทำการทดสอบหาปริมาณโลหะหนักปรากฏผล ดังแสดงในตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 โลหะหนักในน้ำดื่มที่เหลือจากการเผาขยะมูลฝอย

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่ามาตรฐาน		ค่าทดสอบ เฉลี่ย	วิธีการตรวจวัด
		MPH	MOI		
Total Cadmium , Cd	(mg / m ³)	≤ 4	≤ 0.2	ND	Direct Aspiration-AAS
Total Lead , Pb	(mg / m ³)	≤ 10	≤ 0.2	ND	Direct Aspiration-AAS
Total Mercury , Hg	(mg / m ³)	≤ 3	≤ 0.1	0.002	Cold Vapor Technique-AAS

ND = Not - Detected

หมายเหตุ อ่างอิงที่สภาวะ 25 °C 1 บรรยากาศและออกซิเจนส่วนเกิน 7 %

ซึ่งจากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.28 พบว่าปริมาณ โลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มที่ออกมาจากการเผาขยะมูลฝอยมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด หรืออาจกล่าวได้ว่าน้ำดื่มดังกล่าวสามารถนำไปส่งกลบรวมกับมูลฝอยทั่วไปที่ไม่อันตรายได้

13. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

ในการเผาขยะมูลฝอยของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศ ที่ติดตั้งอยู่ที่สวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี จะต้องใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหัวเผาใหม่แรก และหัวเผาใหม่ที่สอง ซึ่งการทำงานของหัวเผาใหม่ทั้งสองจะทำงานอย่างอัตโนมัติ ตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ดังนั้น ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจึงขึ้นกับระยะเวลาการทำงานของห้อง เผาใหม่ที่เผาขยะจากผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาทั้งสองการทดลอง พบว่ามีค่าอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็น 14.92 และ 16.00 ลิตรต่อชั่วโมงหรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.46 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่ออกแบบของเตาเผาคือ 10 – 20 ลิตรต่อชั่วโมง

14. ค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้ขยะอุตสาหกรรม

ค่าใช้จ่ายในการเผาไหม้ขยะอุตสาหกรรมของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ติดตั้งในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าไฟฟ้า จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผา พบว่ามีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเผาขยะมูลฝอยคิดต่อกิโลกรัมของ ขยะมูลฝอยได้ค่าต้นทุนของการทดลองครั้งที่ 1 และการทดลองครั้งที่ 2 เท่ากับ 2.50 บาทและ 2.60 บาท ตามลำดับ หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.55 บาท ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เกิดจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็กผลิตภายในประเทศ ติดตั้งที่โรงพยาบาลบางปะกง ซึ่งมีเตาเผาเพียงอย่างเดียวเท่านั้น มีค่าใช้จ่ายประมาณ 2.50 – 3.00 บาท ขณะที่เตาเผาที่นำเข้ามาจากต่างประเทศและมีระบบการทำงานที่สมบูรณ์คือประกอบด้วยชุดป้อนขยะมูลฝอยอัตโนมัติ ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องเผาไหม้ที่สอง ชุดควบคุมมลพิษอากาศ และชุดบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น ซึ่งได้แก่เตาเผาของโรงพยาบาลราชวิถี และเทศบาลนครหาดใหญ่ จะพบว่ามีค่าใช้จ่ายระหว่าง 8 – 10 บาท ต่อกิโลกรัมขยะมูลฝอย

15. การเปรียบเทียบคุณลักษณะของเตาเผาขยะแบบต่าง ๆ

ข้อมูลเปรียบเทียบสำหรับเตาเผาขยะแบบต่าง ๆ ที่มีใช้ในประเทศไทย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 ข้อมูลเปรียบเทียบเตาเผาขยะติดเชื้อและขยะอุตสาหกรรมแบบต่าง ๆ

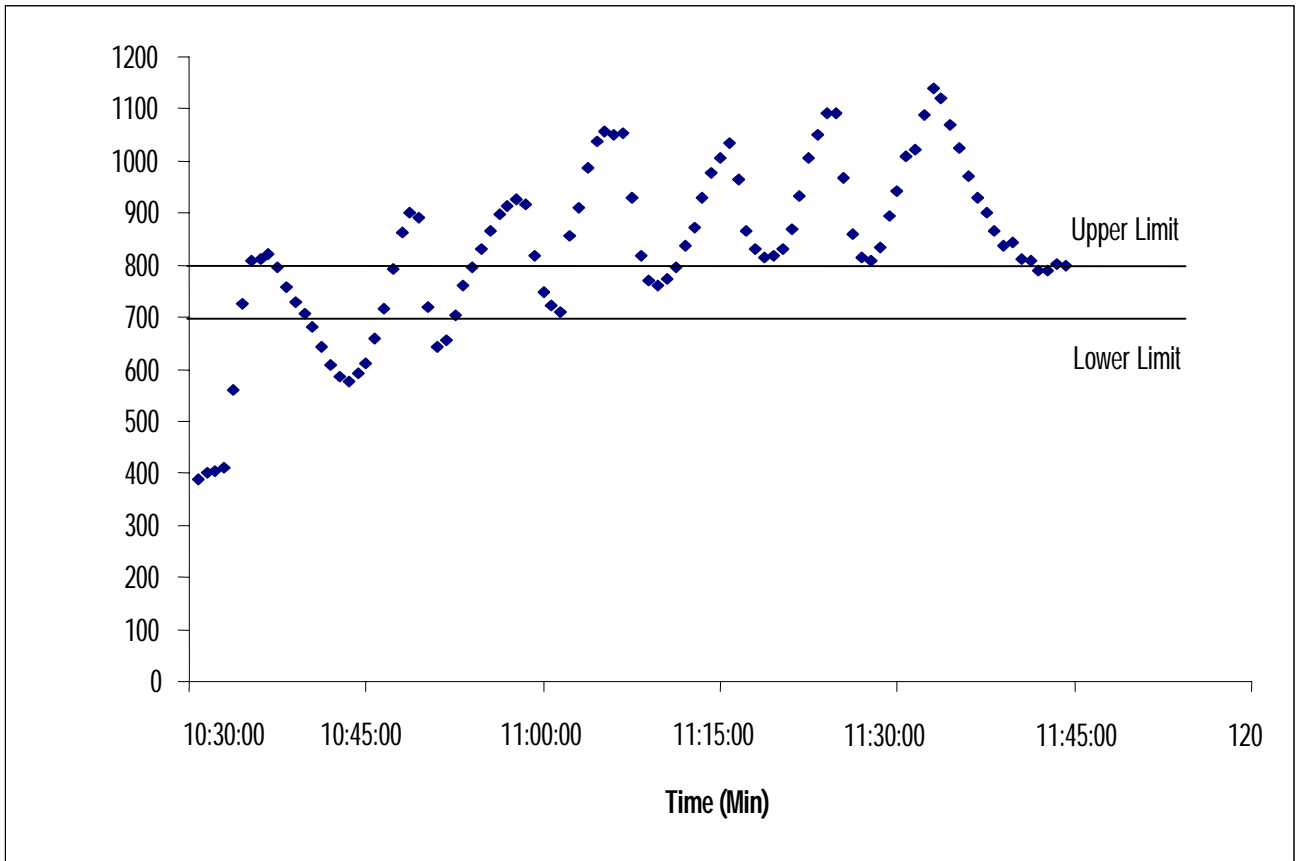
จากข้อมูลสรุปในตารางที่ 4.29 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนของเทคโนโลยีของเตาเผาสองชนิด นั่นคือ ชนิดอากาศส่วนเกิน(excess-air) และชนิดควบคุมอากาศ (controlled-air) ว่ามีผลต่อมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ ซึ่งสอดคล้องตามทฤษฎี โดยเตาเผาชนิด controlled-air นั้น จะเหมาะกับขนาดความสามารถของเตาเผาที่ไม่สูงมากนัก ซึ่งขนาดที่ต้องการมากที่สุดของเตาเผาขยะอุตสาหกรรมและขยะติดเชื้อภายในประเทศไทย คือที่ขนาด 50-100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

พบว่าในระบบเตาเผาขยะที่สมบูรณ์จากต่างประเทศนั้นจะเพิ่มการติดตั้งระบบป้องกันขยะอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงที่จะให้พนักงานปฏิบัติการสัมผัสขยะโดยตรง อีกทั้งยังมีการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในการควบคุมมลพิษทางอากาศที่อาจจะเกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้

อย่างไรก็ตามจากตารางได้แสดงให้เห็นส่วนที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการเลือกใช้เตาเผาขยะชนิดต่าง ๆ คือ

- งบประมาณในการก่อสร้าง
- ใช้ผู้ปฏิบัติงานน้อยและไม่ยุ่งยาก
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่เหมาะสมไม่สูงเกินไป

1. อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง



ตารางที่ 4.12 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศจากเตาเผาขยะมูลฝอยชนิดควบคุมอากาศของสวนอุตสาหกรรมเรือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

สารมลพิษ	ผลการทดสอบ			ค่ามาตรฐาน			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	MPH	กระทรวงวิทย์	US.EPA	กรม โรงงาน
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)	3,860.25	1,517.75	2,689.00	100	-	38	115
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)	4.14	10.83	7.49	30	30	55	80
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (ppm)	86.77	28.58	57.68	250	250	250	150
ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (ppm)	-	-	13.1	136	136	100	40
ฝุ่นละออง (mg / m ³)	-	-	2,021	200	400	70	35
ค่าความทึบแสง (%)	-	-	-	30	20	-	-

ตารางที่ 4.29 ข้อมูลเปรียบเทียบเตาเผาขยะติดเชื้อและขยะอุตสาหกรรมแบบต่าง ๆ

เตาเผา	สถานที่ติดตั้ง				
	ร.พ บางปะกง	ร.พ ราชวิถี	กทม.	เทศบาลนครหาดใหญ่	สหพัฒน์กบินทร์บุรี
ความสามารถในการเผา (กก./ชม.)	50	300 (2 ชุด)	1,000 (2 ชุด)	500	100
ประเทศผู้ผลิต	ไทย	สวีเดน	ออสเตรเลีย	สหรัฐอเมริกา	ไทย
เทคโนโลยีเตาเผา	Excess-air	Controlled-air	Excess-air	Controlled-air	Controlled-air
ระบบควบคุมมลพิษ	ไม่มี	มี	มี	มี	ไม่มี
ระบบป้องกันขยะ	ไม่มี	มี	มี	มี	มี
งบประมาณก่อสร้าง (ล้านบาท)	0.45	38	70	20	2.5
บุคลากรที่ใช้ (คน)	1	4	10	4	2
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ (บาท/กก.)	3	7	7	8.8	2.55
คุณภาพอากาศจากการ เผาไหม้	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน	ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ กำหนด	ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ กำหนด	ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ กำหนด	ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ กำหนดโดยควบคุม อากาศที่เข้าเตา

ตารางที่ 4.29 (ต่อ)

เตาเผา	สถานที่ติดตั้ง				
	ร.พ บางปะกง	ร.พ ราชวิถี	กทม.	เทศบาลนครหาดใหญ่	สหพัฒนภินทร์บุรี
ผลการสังเกตปลาย	มีควันดำทึบเกือบ	ไม่มีควันดำ บางครั้งเป็น	มีควันดำจางถึงทึบ	ไม่มีควันดำ บางครั้ง	มีควันดำจางถึงทึบ
ปล่อยขณะปฏิบัติงาน	ตลอดเวลา ระหว่าง การเผา	ละอองควันขาวเล็กน้อย	ปานกลางเป็นระยะๆ	เป็นละอองควันขาว เล็กน้อย	ปานกลางเป็นระยะ ๆ
การประเมินจาก ผู้ปฏิบัติการ	พอใช้ถึงค่อนข้างมี ปัญหาต้องปรับปรุง	ดี	ปานกลาง	ดี	พอใช้เหมาะสมสำหรับเผา ขยะอุตสาหกรรม

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเพื่อการศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอุณหภูมิอากาศขนาดเล็กในการกำจัดขยะอุตสาหกรรม จากสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ได้ดำเนินการสำรวจการจัดการขยะอุตสาหกรรมเพื่อคัดแยกชนิด ปริมาณ ลักษณะ และสัดส่วน ของขยะของแต่ละโรงงาน จำนวน 28 โรงงาน ระหว่างเดือน กันยายน 2545 สามารถแบ่งแยกประเภทขยะออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ได้แก่ ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล ขยะทั่วไปและขยะอันตราย ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากนั้นจึงแบ่งแยกขยะทั่วไปออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้และส่วนที่เผาไหม้ได้หรือขยะเชื้อเพลิง ซึ่งนำมาใช้เป็นประชากรสำหรับเก็บตัวอย่าง เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผาที่ได้สร้างและติดตั้งในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาในวันที่ 2 ตุลาคม 2545 จำนวน 2 ครั้ง ได้ผลค่าแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอุณหภูมิอากาศเล็กมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1.1.1 เพื่อศึกษา สรรวจชนิด ปริมาณ ลักษณะและระบบการจัดการขยะอุตสาหกรรมในปัจจุบันของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

1.1.2 เพื่อเลือกประเภทขยะอุตสาหกรรมที่เหมาะสมการกำจัดโดยเตาเผา

1.1.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบเตาเผาชนิดควบคุมอุณหภูมิอากาศขนาดเล็ก โดยการเผาขยะอุตสาหกรรมของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย ในการสำรวจประเภท ชนิด ปริมาณและองค์ประกอบของขยะอุตสาหกรรมในแต่ละโรงงานของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ทำการสำรวจโดยใช้แบบสำรวจเป็นเครื่องมือในการวิจัยและสัมภาษณ์พนักงานระดับหัวหน้างานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะในโรงงานจำนวน 28 คน โรงงานละ 1 คน เป็นประชากรและตัวอย่างในการวิจัย จากนั้น จึงนำผลการสำรวจมาทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของขยะอุตสาหกรรม ซึ่งแบ่ง

เป็น 4 ประเภท ได้แก่ ขยะรีไซเคิล ขยะอินทรีย์ ขยะทั่วไป และขยะอันตราย พร้อมคำนวณค่าร้อยละของปริมาณขยะแต่ละประเภท รายงานผลด้วยแผนภูมิกราฟ ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพระบบเตาเผาได้ใช้ขยะอุตสาหกรรมประเภท ขยะทั่วไป ชนิดที่เผาไหม้ได้มาใช้เป็นตัวอย่างในการป้อนเข้าเตาเผา เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพ โดยวิธีการสุ่มแบบ quartering จากขยะทั่วไปทั้งหมดที่รวบรวมมาจากโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 28 โรงงาน ในสวนอุตสาหกรรมศรีสุพัฒน์ กบินทร์บุรี นำข้อมูลผลการทดสอบประสิทธิภาพมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดสอบกับค่ากำหนดในการออกแบบ ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องเผาไหม้ที่สอง กับค่าปริมาณมลภาวะอากาศด้วยสถิติสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation) นอกจากนี้ได้วิเคราะห์ผลความแตกต่างของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองแต่ละช่วงกับค่าปริมาณมลภาวะอากาศโดยใช้สถิติ Paired T – test และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษ ในแต่ละช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สองของแต่ละการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาในการทดลองกลุ่มเดียวกัน โดยใช้สถิติ ANOVA

1.3 ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ที่กำหนดไว้ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะอุตสาหกรรม

พบว่า ขยะในสวนอุตสาหกรรมศรีสุพัฒน์ กบินทร์บุรี มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีไม่แตกต่างจากขยะในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอของสวนอุตสาหกรรมศรีสุพัฒน์ ศรีราชา ที่สำคัญ พบว่า ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแต่ละวันมีปริมาณวันละ 27 ตัน และจากการศึกษาพบว่า เป็นขยะทั่วไปที่สามารถนำไปกำจัดโดยวิธีการเผาและฝังกลบ ประมาณร้อยละ 32 ขยะอินทรีย์ เศษอาหาร สามารถแยกไปทำปุ๋ยหมักและนำกลับไปใช้ใหม่ประมาณร้อยละ 2.7 ขยะรีไซเคิล ซึ่งเป็นเศษผ้า ด้าย กระดาษ และเศษเหล็ก บริษัทฯ สามารถนำไปขายได้ มีจำนวนประมาณร้อยละ 16 สำหรับขยะอันตรายมีจำนวนประมาณร้อยละ 49 ซึ่งเป็นขยะส่วนใหญ่ของปริมาณขยะทั้งหมด ได้จ้างบริษัทเอกชนในการกำจัด โดยวิธีฝังกลบที่มีเทคโนโลยีความปลอดภัยสูงเป็นพิเศษ (Secured landfill)

1.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาของระบบ

ดำเนินการในปลายเดือนกันยายน พ.ศ. 2545 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2545 โดยทำการทดสอบ 2 ครั้ง พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลอัตราการเผา อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งปริมาณการปล่อยก๊าซมลพิษทางอากาศ ผลการตรวจวัดค่ามลพิษทางอากาศและค่ามลพิษในเถ้า ส่วนใหญ่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของหน่วยงานราชการที่กำหนดไว้โดย

- 1) กระทบวงอุตสาหกรรมสำหรับอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผา
- 2) กระทบวงสาธารณสุขสำหรับระบบเตาเผาติดเชื้อ
- 3) กระทบวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมสำหรับมาตรฐาน

ควบคุมการปล่อยอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย สำหรับปริมาณก๊าซคาร์บอนและปริมาณฝุ่นละอองมีค่าสูงเกินมาตรฐาน สาเหตุเกิดจากการระเหยของขยะและอากาศเข้ามากเกินไป นอกจากนี้ส่วนของค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานมีค่าต่ำกว่าเตาเผาขยะชนิดอื่น ๆ ที่ใช้อยู่ในประเทศไทยอีกด้วย

2. อภิปรายผล

จากผลการวิจัยในการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็กในการกำจัดขยะอุตสาหกรรมจากสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณสารมลพิษในอากาศที่ปล่องเตาเผาชนิด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซไฮโดรเจน คลอไรด์ และฝุ่นละออง นั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของขยะที่นำมาเผาแล้ว อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งและอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง มีผลต่อปริมาณมลพิษในอากาศมาก ซึ่งสรุปได้ดังนี้

2.1 จากผลการวิจัย พบว่า อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 850 องศาเซลเซียส สูงกว่าค่าที่ออกแบบเล็กน้อย ซึ่งกำหนดไว้ที่ 700 – 800 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่หนึ่งของการทดสอบทั้ง 2 การทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นในการควบคุมอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งให้ได้ตามค่าที่ต้องการนั้น จะต้องพิจารณาถึง (1) องค์ประกอบของขยะที่เผาที่เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) มากที่สุด (2) ปริมาณขยะที่ป้อนเข้าเตาเผาต้องมีปริมาณที่สัมพันธ์กับปริมาตรของห้องเผาไหม้ไม่ควรมากเกินไปหรือน้อยเกินไป (3) การป้อนขยะเข้าเตาเผาควรเป็นแบบกึ่งต่อเนื่องที่ใช้อุปกรณ์การป้อนขยะอัตโนมัติที่ป้อนขยะตลอดเวลาทำการเผา การป้อนขยะ โดยวิธีเปิดช่องเตาเผาเป็นช่วงเวลา ทำให้ไม่สามารถควบคุมอากาศในห้องเผาไหม้ได้ อากาศเข้าไปสันดาปกับขยะมากเกินไป ส่งผลให้อุณหภูมิห้องเผาไหม้สูงขึ้นตามด้วย (4) ต้องปรับอากาศที่ห้องเผาไหม้ขยะต้องไม่มากหรือน้อยเกินไป เพื่อให้การสันดาปเกิดอย่างสม่ำเสมอ

2.2 จากผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,030 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นตามค่าที่ออกแบบและเกณฑ์ที่กำหนดของ US.EPA โดยอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองที่กำหนดนี้สามารถเผาทำลายผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นเหตุของการเกิดสารไดออกซินได้หมด จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งกับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง พบว่า

มีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในระดับปานกลาง ($r = .595$) สำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และมีความสัมพันธ์กันในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในระดับต่ำ ($r = -.233$)

2.3 จากผลการวิจัยพบว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าเฉลี่ยประมาณ 2,689 ppm. ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โรงงานอุตสาหกรรม และ US.EPA กำหนด ทั้งนี้เกิดจาก (1) การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของก๊าซในห้องเผาไหม้ที่สอง (2) เกิดการระเหยของก๊าซในห้องเผาไหม้ที่หนึ่งอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้อัตราความเร็วของกระแสก๊าซที่ระบายออกจากปล่องเตาเผามีความเร็วสูง และปล่อยออกจากปล่องก่อนเกิดการเผาไหม้ควันก๊าซในห้องเผาไหม้ที่สอง (3) เกิดการสันดาปของขยะในห้องเผาขยะอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงเวลาเปิดห้องเผาขยะเพื่อป้อนขยะเข้าเตา ทำให้อากาศภายนอกเข้ามาเกินไป ความดันก๊าซภายในสูงกว่าภายนอก ส่งผลให้ก๊าซที่เกิดจากขยะที่ถูกเผาเคลื่อนตัวออกจากปล่องอย่างรวดเร็ว (4) ขยะส่วนใหญ่เป็นประเภทที่เผาไหม้ได้ดี เช่น กระดาษเศษผ้า พลาสติก ซึ่งมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบส่วนมาก จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองพบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในระดับปานกลาง ($r = .524$) สำหรับการทดลองที่ 1 และที่ระดับต่ำ ($r = .354$) สำหรับการทดลองที่ 2

2.4 จากผลการวิจัยพบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าเฉลี่ยประมาณ 7.49 ppm. ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และ US.EPA จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองพบว่า มีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในระดับปานกลาง ($r = .508$) สำหรับการทดลองที่ 1 และในระดับค่อนข้างสูง ($r = .612$) สำหรับการทดลองที่ 2

2.5 จากผลการวิจัยพบว่า ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 57.68 ppm. ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โรงงานอุตสาหกรรมและ US.EPA ซึ่งจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนกับอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองพบว่า มีความสัมพันธ์ผกผันเชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในระดับต่ำ ($r = -.318$) สำหรับการทดลองที่ 1 และไม่สัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง ($r = .171$) สำหรับการทดลองที่ 2

2.6 จากผลการวิจัยพบว่า ปริมาณโลหะหนัก (Cd, Pb, Hg) ในขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาขยะ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ มีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดของกระทรวงสาธารณสุข

กรมโรงงาน อุตสาหกรรม ยกเว้นปริมาณฝุ่นละออง มีค่า $2,021 \text{ mg/m}^3$ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้สาเหตุจาก (1) อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งสูงเกินไป (2) เกิดการระเหิดของขยะที่เผาไหม้สูง ทำให้ฝุ่นละอองในจี๊ถั่วหลุดลอยปนไปกับกระแสก๊าซที่ปล่อยออกจากปล่องระบายอย่างรวดเร็ว การควบคุมปริมาณฝุ่นละอองสามารถทำได้โดยการติดตั้งหัวฉีดน้ำอัด โนมติที่ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง เพื่อควบคุมการเผาไหม้และฝุ่นละอองในเตาเผาไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจายมาก

2.7 จากผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งมีผลต่อปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาในทุกช่วงอุณหภูมิเดียวกันของห้องเผาไหม้ที่สอง และยังมีผลต่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง ซึ่งทำให้ปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดในแต่ละช่วงอุณหภูมิแตกต่างกัน

2.8 จากผลการวิจัยพบว่า ทุกช่วงอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สองมีผลทำให้ปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดจากการเผาในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผามีค่าแตกต่างกัน

2.9 จากผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิเผาไหม้ที่สองมีผลทำให้ค่าก๊าซมลพิษที่เกิดจากการเผาขยะในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาในเกือบทุกช่วงอุณหภูมิของการทดลองเดียวกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ข้อเสนอแนะ

สำหรับระบบเตาเผาที่ได้ออกแบบเป็นเตาเผาแบบควบคุมอากาศและมีผลการปฏิบัติงานเป็นที่น่าพอใจนั้น พบว่า ยังมีรายละเอียดปลีกย่อยอื่นๆ ที่สามารถทำการพัฒนาขบวนการทดสอบให้สามารถปฏิบัติงานได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น สำหรับการนำผลการทดสอบไปใช้และการทดสอบครั้งต่อไป ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 การนำผลการวิจัยไปใช้ ผลการวิจัยนี้ ใช้เฉพาะขยะของโรงงานในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี เท่านั้น ซึ่งเป็นกลุ่มโรงงานประเภทสิ่งทอ ขยะที่เผาไหม้ได้ส่วนใหญ่ ประกอบด้วย เศษผ้า ด้าย กระดาษ และพลาสติก จึงทำให้ผลการตรวจวัดมลภาวะอากาศของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณฝุ่นละอองสูงเกินมาตรฐาน ทั้งนี้ เนื่องจากอัตราการระเหยของขยะเกิดสูงมาก ดังนั้นผลการวิจัยนี้จึงเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มอุตสาหกรรมลักษณะเดียวกันได้

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย ครั้งต่อไป ควรมีการวางแผนและการจัดการที่ดีพอก่อน จึงจะนำขยะไปเผาทำลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ

3.2.1 การจัดการเกี่ยวกับขยะอุตสาหกรรม คือใช้ระบบคัดแยกจากแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยก่อนสำหรับการคัดแยกบริเวณเตาเผาขยะจะต้องให้เหลือเฉพาะขยะที่เผาทำลายได้เท่านั้น

3.2.2 การป้อนอากาศ ถึงแม้ว่าเตาเผาที่ออกแบบสร้างขึ้นจะให้ผลการควบคุมมลพิษทางอากาศส่วนใหญ่อยู่ในค่าเกณฑ์มาตรฐานที่ควบคุม แต่หากพิจารณาในรายละเอียดพบว่า การตรวจวัดค่ามลพิษทางอากาศจะเป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยจากระยะเวลาที่ทำการตรวจวัดในแต่ละนาทิต่างๆ ซึ่งเป็นมลพิษในช่วงเวลาสั้นๆ บ่อยครั้งที่ค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน ทั้งนี้ เนื่องจากความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Non – Homogeneous) และความหลากหลายของขยะ จึงทำให้ก๊าซจากการเผาไหม้มีปริมาณที่ไม่คงที่ และด้วยการจ่ายป้อนอากาศแบบค่าคงที่ค่าเดียวตลอดเวลา จึงเป็นสาเหตุให้ในบางครั้งปริมาณอากาศที่ป้อนไม่เหมาะสมกับปริมาณก๊าซ และส่งผลให้เกิดมลพิษออกจากระบบ ดังนั้น จึงควรให้มีการปรับปริมาณป้อนอากาศอย่างอัตโนมัติ โดยใช้ข้อมูลปริมาณออกซิเจน ส่วนเกินในก๊าซเป็นค่ากำหนดการเพิ่มหรือลดปริมาณป้อนอากาศ ซึ่งจะควบคุมด้วยมอเตอร์ เพื่อหมุนเปิดและปิดวาล์ว ล้วนปิกพีลลือ

3.2.3 การปรับอัตราการไหลและแรงดันของก๊าซ ด้วยเหตุผลของการเกิดก๊าซที่ไม่ คงที่ของขยะอุตสาหกรรม เช่นเดียวกับการปรับปริมาณการป้อนอากาศ ผลที่ตามมาอีกข้อหนึ่งคือ ความดันของก๊าซมีการเปลี่ยนแปลง และในกรณีที่ปริมาณของก๊าซสูงมาก อาจทำให้ระบบที่ออกแบบไม่สามารถรักษาความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศได้ จึงทำให้เกิดการรั่วออกของควันตามข้อต่อต่างๆ โดยสามารถรองรับได้ด้วยการปรับอัตราการไหลของก๊าซให้เพิ่มขึ้น เพื่อรักษาความดันที่ต้องการให้คงไว้ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการปฏิบัติที่มิมีการทำงานควบคู่ไปกับการปรับอัตราป้อนอากาศ

3.2.4 การควบคุมการป้อนขยะ ให้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายในเตาเผาและอากาศที่เข้าไปช่วยในการเผาไหม้จะทำให้การใช้เตาเผาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.5 การออกแบบช่องป้อนขยะ จะต้องออกแบบเป็นลักษณะสองห้อง เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ภายในเตาเผาในขณะการป้อนขยะเข้าเตา

3.2.6 การออกแบบห้องเผาไหม้ที่สอง จะต้องมีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซเสียที่เกิดจากห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง เพื่อต้องการกำจัดก๊าซเสียต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.7 การออกแบบตะแกรงเตาเผา จะต้องมีความแข็งแรงและมีใบกวนที่สามารถขยับได้เพื่อต้องการให้ขี้เถ้าเคลื่อนตัวร่วงลงได้สะดวก จะทำให้อากาศเข้าไปช่วยในการเผาไหม้ได้มากขึ้น

3.2.8 การใช้งานเตาเผาขยะ จะต้องปฏิบัติดังนี้

- 1) ก่อนจะเริ่มเผาขยะในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ควรอุ่นเตาในห้องเผาไหม้ที่สองก่อนให้ได้อุณหภูมิประมาณ 700 – 900 องศาเซลเซียส
- 2) การป้อนขยะลงในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ช่วงต่อๆ ไป ควรสังเกตว่าการเผาไหม้ของขยะจะสมบูรณ์เต็มที่ เมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 500 – 700 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิเริ่มลดลง จึงทำการป้อนขยะช่วงต่อไป เพื่อให้ระดับอุณหภูมิเท่าเดิม
- 3) การป้อนขยะลงในห้องเผาไหม้จะให้ปริมาณมากหรือน้อย ต้องสัมพันธ์กับการตกค้างของขยะภายในห้องเผาไหม้
- 4) การควบคุมอากาศที่ป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้จะต้องมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและปริมาณการป้อนขยะ
- 5) การควบคุมความชื้นของขยะควรให้มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด

3.2.9 การบำรุงรักษาเตาเผาก่อนการใช้งาน ต้อง เช็คอุปกรณ์ทั้งหมด

ทุกครั้ง ตรวจสอบเช็คภายในตัวเตาเผาโดยเฉพาะส่วนที่เป็นห้องเผาไหม้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ปกติ ก่อนการใช้งานเตาเผาในครั้งต่อไป จะต้องทำความสะอาดบริเวณตะแกรงและช่องพักเชื้อถ่านทุกครั้ง

สรุป เตาเผาขยะชนิดควบคุมอากาศขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมงของ สวนอุตสาหกรรมเรือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการเผาขยะอุตสาหกรรมได้ ทั้งนี้โดยการควบคุมปริมาณการป้อนขยะเข้าเตาเผาในอัตราครั้งละประมาณ 10 กิโลกรัมทุกช่วงเวลา 7-8 นาที และปรับปริมาณอากาศที่เข้าเตาเผาในห้องเผาไหม้ที่หนึ่งและห้องเผาไหม้ที่สองขณะทำการเผาขยะเพื่อควบคุมการเผาไหม้ให้การเผาไหม้ไม่เร็วเกินไป โดยเฉพาะในช่วงป้อนขยะเข้าเตาเผา ควรปิดอากาศที่เข้าเตาเผาให้หมด จะสามารถควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณฝุ่นละอองและควันขณะทำการเผาไหม้ได้

บรรณานุกรม

198

ผนวก 1

แบบสำรวจเพื่อการวิจัย

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก ในการกำจัดขยะ
อุตสาหกรรมจากสวนอุตสาหกรรมศรีอโศกพัฒนา กบินทร์บุรี

คำชี้แจง : แบบสำรวจฉบับนี้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการขยะ
มูลฝอยและสารพิษ จากโรงงานอุตสาหกรรม บริเวณในสวนอุตสาหกรรมศรีอโศกพัฒนา
กบินทร์บุรี อำเภอ กบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี โดยข้อมูลนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย
สำหรับวิทยานิพนธ์ ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ แขนงวิชาสาธารณสุข
ศาสตร์ วิชาเอก การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ผู้วิจัยจะใช้ประโยชน์ทางการศึกษาเท่านั้น และถือเป็น
ความลับ ผู้วิจัยขอขอบคุณในความร่วมมือที่ท่านได้สละเวลาในการตอบแบบสำรวจมา ณ โอกาสนี้

แบบสำรวจประกอบด้วย

ข้อมูลเกี่ยวกับ โรงงานอุตสาหกรรม และการดำเนินการจัดการขยะอุตสาหกรรม

6. พื้นที่โรงงาน.....ไร่ พื้นที่ประกอบการจริง.....ตารางเมตร
7. วัสดุคิบที่ใช้ในโรงงาน (เรียงตามลำดับความสำคัญและปริมาณการใช้)
- 1).....ปริมาณต่อเดือน.....
 - 2).....ปริมาณต่อเดือน.....
 - 3).....ปริมาณต่อเดือน.....
 - 4).....ปริมาณต่อเดือน.....
 - 5).....ปริมาณต่อเดือน.....
 - 6).....ปริมาณต่อเดือน.....
 - 7).....ปริมาณต่อเดือน.....
 - 8).....ปริมาณต่อเดือน.....
 - 9).....ปริมาณต่อเดือน.....
 - 10).....ปริมาณต่อเดือน.....
8. ชนิดของสารเคมีที่ใช้ในโรงงาน (เรียงตามลำดับความสำคัญและปริมาณการใช้)
- 1)ปริมาณต่อเดือน.....
 - 2)ปริมาณต่อเดือน.....
 - 3)ปริมาณต่อเดือน.....
 - 4)ปริมาณต่อเดือน.....
 - 5)ปริมาณต่อเดือน.....
 - 6)ปริมาณต่อเดือน.....
 - 7)ปริมาณต่อเดือน.....
 - 8)ปริมาณต่อเดือน.....
 - 9)ปริมาณต่อเดือน.....
 - 10)ปริมาณต่อเดือน.....

201

ผนวก 1

แบบสำรวจเพื่อการวิจัย

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาดเล็ก ในการกำจัดขยะ
อุตสาหกรรมจากสวนอุตสาหกรรมศรีอโศกพัฒนา กบินทร์บุรี

คำชี้แจง : แบบสำรวจฉบับนี้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการขยะ
มูลฝอยและ สารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม บริเวณในสวนอุตสาหกรรมศรีอโศกพัฒนา
กบินทร์บุรี อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี โดยข้อมูลที่สำรวจนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย
สำหรับวิทยานิพนธ์ ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ แขนงวิชาสาธารณสุข
ศาสตร วิชาเอก การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ผู้วิจัยจะใช้ประโยชน์ทางด้านการศึกษาเท่านั้น และถือเป็น
ความลับ ผู้วิจัย ขอขอบคุณในความร่วมมือที่ท่านได้สละเวลาในการตอบแบบสำรวจมา ณ
โอกาสนี้

แบบสำรวจประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสำรวจ

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการขยะอุตสาหกรรม

ตอนที่ 3 ทรรศนคติ และความคิดเห็นในการจัดการขยะมูลฝอยในสวนอุตสาหกรรมศรีอโศกพัฒนา
กบินทร์บุรี

ตอนที่ 2 แบบสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการขยะอุตสาหกรรม

คำชี้แจง การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการขยะอุตสาหกรรมนี้ประกอบด้วย การสำรวจ

การจัดการขยะอุตสาหกรรมภายในโรงงาน

การจัดการขยะอันตรายและสารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม

การจัดการขยะรีไซเคิล

การจัดการขยะทั่วไปภายในโรงงาน

การจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารพนักงาน

การจัดการขยะมูลฝอยภายในเรือนพักพนักงาน

การจัดการขยะอินทรีย์ภายในโรงงาน

การจัดการกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

1. การจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงงาน

1.1 โรงงานของท่านมีปริมาณขยะวันละ.....กิโลกรัมคิดเป็นปริมาตร.....

ลิตร

แยกได้เป็น ขยะจากกระบวนการผลิตในโรงงาน.....%

ขยะจากกิจกรรมของพนักงานในโรงงาน.....%

ขยะจากโรงอาหารของพนักงาน.....%

1.2 ท่านหรือไม่ว่าโรงงานของท่านมีขยะเหล่านี้ปริมาณเท่าใด

(1) ไม่ทราบ (2) ทราบ - ขยะอินทรีย์/เศษอาหาร.....กิโลกรัม/วัน
ปริมาตร.....ลิตร/วัน

- ขยะรีไซเคิล (ขายได้)กิโลกรัม/วัน

ปริมาตร.....ลิตร/วัน

- ขยะทั่วไป (ขายไม่ได้)กิโลกรัม/วัน

ปริมาตร.....ลิตร/วัน

- ขยะอันตราย/สารพิษ.....กิโลกรัม/วัน

ปริมาตร.....ลิตร/วัน

1.3 ขยะในขบวนการผลิตของโรงงานท่านส่วนใหญ่ได้แก่ (ใส่ตัวเลขเรียงปริมาณมากไปหาน้อย)

.....เศษอาหารเศษหนัง

.....เศษกระดาษเศษยาง

.....แก้วเศษผ้า/ด้าย

.....โลหะเศษพลาสติก

.....อื่น ๆ โปรดระบุ.....

1.4 ภายในโรงงานของท่านมีที่ทิ้งขยะ.....จุด (1) เพียงพอ (2) ไม่เพียงพอ

ถังขยะภายในโรงงานมีจำนวน.....ใบ (1) เพียงพอ (2) ไม่เพียงพอ

1.5 ภายในโรงงานของท่านมีการจัดเก็บขยะมูลฝอยโดยหน่วยงานใด

- (1) เทศบาลแหลมฉบัง (2) เอกชนซื้อบริษัท.....
 (3) เทศบาลและเอกชนซื้อบริษัท.....
 (4) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

1.6 ภายในโรงงานของท่านมีการจัดเก็บขยะมูลฝอยสัปดาห์ละกี่ครั้ง

- (1) เก็บทุกวัน
 (2) เก็บวันเว้นวัน – ในวัน (1) จันทร์ (2) อังคาร (3) พุธ (4) พฤหัสบดี (5) ศุกร์ (6) เสาร์ (7) อาทิตย์ (8) ไม่แน่นอน
 (3) เก็บทุก 3 วัน – ในวัน (1) จันทร์ (2) อังคาร (3) พุธ (4) พฤหัสบดี (5) ศุกร์ (6) เสาร์ (7) อาทิตย์ (8) ไม่แน่นอน
 (4) ไม่แน่นอน โปรดระบุ.....

1.7 ปัจจุบันโรงงานของท่านเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะมูลฝอยเดือนละเท่าไร

- (1) ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บภายในโรงงาน (ไม่รวมขยะอันตราย).....บาท/เดือน
 (2) ค่าใช้จ่ายในการขนไปทิ้งสำหรับเทศบาล (ไม่รวมขยะอันตราย).....บาท/เดือน
 (3) อื่น ๆ โปรดระบุ.....บาท/เดือน

1.8 ภายในโรงงานของท่านมีการคัดแยกขยะก่อนทิ้งลงถังหรือไม่

- (1) มี (2) ไม่มี (ข้ามไปตอบข้อ 2) (3) ไม่แน่นอน

1.9 ถ้าภายในโรงงานของท่านมีการแยกขยะท่านแยกออกเป็นกี่ประเภท

- (1) แยกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1.....
 2.....
 (2) แยกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1.....
 2.....
 3.....

- (3) แยกเป็น 4 ประเภท ได้แก่
- 1.....
 - 2.....
 - 3.....
 - 4.....
- (4) แยกเป็นมากกว่า 4 ประเภท ได้แก่
- 1.....2.....
 - 3.....4.....
 - 5.....6.....
- (5) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

1.10 ท่านมีปัญหาเกี่ยวกับการคัดแยกขยะก่อนทิ้งลงถังภายในโรงงานหรือไม่

- (1) ไม่มี (2) มี
- 1.....
 - 2.....
 - 3.....

2. การจัดการขยะอันตรายและสารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม

2.1 ภายในโรงงานของท่านมีขยะอันตรายหรือไม่

- (1) ไม่มี (ข้ามไปตอบข้อ 3) (2) มีเฉพาะในสำนักงานหรือกิจกรรมพนักงาน
 (3) มีเฉพาะในกระบวนการผลิต (4) มีทั้งในกระบวนการผลิตและในสำนักงาน
 (5) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

2.2 โดยปกติโรงงานของท่านมีการจัดการขยะอันตรายอย่างไร

- (1) ไม่มีการจัดการ/ทิ้งร่วมกับขยะอื่น ๆ (2) เก็บรวบรวมส่งบริษัทเงินโก้
 (3) เก็บรวบรวมส่งบริษัท (4) มีการบำบัดก่อนนำส่งบริษัทเงินโก้
 (5) มีการบำบัดก่อนนำส่งบริษัท (6) มีการบำบัดและกำจัดเอง
 (7) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

2.3 โรงงานของท่านมีค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะอันตราย (ไม่รวมกากตะกอนน้ำเสีย) เฉลี่ย
เดือนละเท่าไร

ประมาณ.....บาท/เดือน แบ่งเป็น ค่าบำบัดในโรงงาน.....บาท/เดือน
ค่าขนส่ง.....บาท/เดือน
ค่าใช้จ่ายบริษัทรับบำบัด.....บาท/เดือน
อื่น ๆ โปรดระบุ.....

2.4 ถ้าโรงงานของท่านมีขยะอันตรายจัดอยู่ในประเภทใด มีปริมาณเท่าใด

ประเภทขยะอันตราย	มี (✓)	น้ำหนัก กิโลกรัม/เดือน	ปริมาตร (ลิตร/เดือน)	ลักษณะทั่วไปและวิธีบำบัด
1. น้ำมันและไขมัน (Grease & Oil)				
2. สารอินทรีย์ตกค้างที่เป็นของเหลว (Liquid Organic Residues)				
3. สารอินทรีย์ตกค้างที่ละลายน้ำ (Aqueous Organic Residues)				
4. กากตะกอนและของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์ (Organic Sludges and Solids)				
5. กากตะกอนและของแข็งที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganics Sludges and Solids)				
6. กากตะกอนและของแข็งที่เป็นโลหะหนัก (Heavy Metal Sludges and Solids)				
7. ของเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรด (Acid Wastes)				
8. ของเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรด (Alkaline Wastes)				
9. ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานต้องทิ้ง (Off-spec Products)				
10. ขยะจากผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Waste)				
11. ขยะอันตรายจากห้องปฏิบัติการ (Laboratory Waste)				
12. สารเคมีหรือขยะอันตรายอื่น ๆ 1..... 2..... 3..... 4..... 5.....				

3. การจัดการขยะรีไซเคิล

3.1 โรงงานของท่านมีการแยกขยะรีไซเคิลออกจากขยะอื่น ๆ หรือไม่

(1) ไม่มี (ข้ามไปตอบข้อ 4)

(2) มี

(3) ไม่แน่นอน

(4) อื่น ๆ.....

3.2 ถ้าท่านมีการแยกขยะรีไซเคิล ท่านจัดการขยะรีไซเคิลอย่างไร

(1) ให้พนักงานเก็บขยะนำไปขาย

(2) เก็บรวบรวมขายเอกชนและรายได้เข้าบริษัท

(3) เก็บรวบรวมขายเอกชนและรายได้เข้าสวัสดิการพนักงาน

(4) เปิดประมูลให้เอกชนเป็นผู้ดำเนินการ

(5) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

3.3 โรงงานของท่านรีไซเคิลประเภทใดบ้าง และมีปริมาณเท่าใด

ประเภทขยะรีไซเคิล	มี (✓)	น้ำหนัก กิโลกรัม/เดือน	ปริมาตร ลิตร/เดือน	ขาย (✓)	นำกลับ ใช้ใหม่ (✓)	ราคาขาย บาท/ กิโลกรัม	รายได้
1. กระดาษ							
2. แก้ว							
3. พลาสติก							
4. เศษยาง							
5. เศษหนัง							
6. เศษผ้า/ด้าย							
7. เศษอาหาร/ขยะอินทรีย์							
8. โลหะ							
1.....							
2.....							
3.....							
4.....							
9. อื่น ๆ							
1.....							
2.....							
3.....							
4.....							

4.6 ท่านมีปัญหาเกี่ยวกับขยะทั่วไปหรือไม่

- (1) ไม่มี (2) มี
- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

5. การจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารพนักงาน

5.1 โรงงานของท่านมีโรงอาหารสำหรับพนักงานหรือไม่

- (1) ไม่มี (ข้ามไปตอบข้อ 6)
- (2) มี จำนวน.....แห่ง สามารถรองรับพนักงานได้ทั้งหมดจำนวน.....คน/วัน

5.2 โรงอาหารของท่านสามารถบริการพนักงานได้.....มื้อต่อวัน

- (1) เฉพาะมื้อเช้า (2) เฉพาะมื้อเช้าและมื้อกลางวัน (3) เฉพาะมื้อกลางวัน
- (4) เฉพาะมื้อกลางวันและมื้อเย็น (5) มื้อเช้า มื้อกลางวัน และมื้อเย็น (6) ตลอด 24 ชั่วโมง

5.3 ขยะมูลฝอยในโรงอาหารของท่านมีปริมาณ.....กิโลกรัม/วัน ปริมาตร.....ลิตร/วัน

5.4 โรงอาหารของท่านมีจุดทิ้งขยะ.....จุด และถังขยะรวมทั้งหมด.....ใบ

5.5 ท่านมีค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะในโรงอาหารประมาณเดือนละ.....บาท จ่ายให้เทศบาลหรือเอกชนประมาณเดือนละ.....บาท

5.6 ท่านมีการจัดการคัดแยกขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารหรือไม่

- (1) ไม่มี (2) มี โดยแยกเป็น
- (1) 2 ประเภท คือ เศษอาหาร และขยะแห้ง
- (2) 3 ประเภท คือ เศษอาหาร ขยะแห้ง และขยะรีไซเคิล
- (3) 3 ประเภท คือ เศษอาหาร ขยะแห้ง และขยะพิษ
- (4) 4 ประเภท คือ เศษอาหาร ขยะแห้ง ขยะรีไซเคิล และขยะพิษ
- (5) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

5.7 ในกรณีที่ทางโรงอาหารของท่านมีการคัดแยกเศษอาหารออกจากขยะอื่น ๆ ท่านมีการจัดการอย่างไร

- (1) ขายเป็นเอวขนนำไปใช้ประโยชน์
- (2) ฝังกลบในหลุมฝังกลบภายในโรงงาน
- (3) จัดทำเป็นปุ๋ยหมักร่วมกับขยะอินทรีย์อื่น ๆ
- (4) ให้เทศบาลหรือเอกชนจัดเก็บนำไปบำบัดต่อไป
- (5) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

5.8 ท่านมีปัญหาในการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารหรือไม่

- (1) ไม่มี
- (2) มี ได้แก่
 - 1.....
 - 2.....
 - 3.....

6. การจัดการขยะมูลฝอยภายในเรือนพนักงาน

6.1 ภายในโรงงานของท่านมีเรือนพนักงานหรือไม่

- (1) ไม่มี (ข้ามไปตอบข้อ 7)
- (2) มี จำนวน.....หน่วย (หลัง/ห้อง) มีผู้พักอาศัยถาวร.....คน

6.2 เรือนพักพนักงานของท่านมีขยะประมาณ.....กิโลกรัม/วัน ปริมาตร.....ลิตร/วัน

6.3 เรือนพักพนักงานของท่านมีจุดตั้งถังขยะ.....จุด รวมจำนวน.....ใบ

6.4 จุดตั้งถังขยะมีการคัดแยกถังขยะเพื่อให้พนักงานคัดแยกขยะก่อนทิ้งขยะหรือไม่

- (1) ไม่มี
- (2) มีแยกเป็น 2 ถัง คือ ขยะแห้ง และขยะเปียก
- (3) มีแยกเป็น 3 ถัง คือ ขยะแห้ง ขยะเปียก และขยะรีไซเคิล
- (4) มีแยกเป็น 4 ถัง คือ ขยะแห้ง ขยะเปียก ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย

6.5 โดยปกติภายในเรือนพักพนักงานมีการจัดเก็บขยะประมาณ.....ครั้ง/สัปดาห์

- ดำเนินการโดย
- (1) เทศบาลแหลมฉบัง
 - (2) เอกชนบริษัท.....
 - (3) โรงงานจัดเก็บ & กำจัดเอง
 - (4) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

8.5 ท่านมีการจัดการกากตะกอนโรงงานอย่างไรบ้าง

- (1) ไม่มีการบำบัดกากตะกอนก่อนนำไปกำจัด
- (2) มีการบำบัดตะกอนก่อนนำไปกำจัด
- (3) จัดตั้งบริษัทบริหารและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จำกัด (มหาชน)
- (4) บริษัทมอบหมายให้เอกชนดำเนินการ
- (5) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

8.6 ท่านมีปัญหาในการจัดการกากตะกอนน้ำเสียหรือไม่

- | | | |
|-----------|-----------------------|--------|
| (1) ไม่มี | (2) มี ที่สำคัญได้แก่ | 1..... |
| | | 2..... |
| | | 3..... |
| | | 4..... |
| | | 5..... |

ตอนที่ 3 ทักษะคิด และความคิดเห็นในการจัดการขยะมูลฝอยในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์
กบินทร์บุรี

9. ทักษะคิด และความคิดเห็นในการจัดการขยะมูลฝอยในสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์
กบินทร์บุรี

9.1 ในความเห็นของท่าน คิดว่าควรให้สวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรีปรับปรุงระบบ
การจัดการขยะอย่างไร

- | | |
|--------------------------|--------|
| (1) การจัดการขยะรีไซเคิล | 1..... |
| | 2..... |
| | 3..... |
| (2) การจัดการขยะอินทรีย์ | 1..... |
| | 2..... |
| | 3..... |
| (3) การจัดการขยะทั่วไป | 1..... |
| | 2..... |
| | 3..... |
| (4) การจัดการขยะอันตราย | 1..... |
| | 2..... |
| | 3..... |
| (5) อื่น ๆ โปรดระบุ | 1..... |
| | 2..... |
| | 3..... |

9.2 ท่านเห็นด้วยหรือไม่ที่สวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี ควรจัดให้มีการรณรงค์
ประชาสัมพันธ์เพื่อลดปริมาณขยะและร่วมกันคัดแยกขยะก่อนทิ้งลงถัง

- | | |
|-----------------------|--------|
| (1) ไม่เห็นด้วย เพราะ | 1..... |
| | 2..... |
| (2) เห็นด้วย เพราะ | 1..... |
| | 2..... |
| (3) อื่น ๆ โปรดระบุ | 1..... |
| | 2..... |



เตาเผาชนิดควบคุมอากาศขนาด 100 กก./ชม



ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง



เครื่องป้องกันระเบิดอัตโนมัติ



หัวเผาไหม้ที่หนึ่ง



วาล์วปรับลมห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง



ถังบรรจุเชื้อเพลิง



หัววัดชนิดเจือจางความเข้มข้น
(Dilution Probo)



ตู้ควบคุม (Control Panel)



เครื่องตรวจวัดมลพิษทางอากาศ
อัตโนมัติต่อเนื่อง



เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นและก๊าซ
ไฮโดรเจนคลอไรด์จากปล่องเตาเผา



GAS ANALYZER (วัด % O₂, CO₂
ในปล่อง



อุปกรณ์เชื่อมต่อกับหัววัดชนิดเจือ
จางความเข้มข้น



อุปกรณ์เชื่อมต่อกับหัววัดชนิดเจือจาง
ความเข้มข้น



ค่าความทึบแสง ND



ค่าความทึบแสง G+ ระยะทาง



ค่าความทึบแสง D + ระยะทาง

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม *การจัดการมูลฝอยชุมชน
อย่างครบวงจร* คู่มือสำหรับผู้บริหารองค์กรส่วนท้องถิ่น 2544 พิมพ์ครั้งที่ 4
กรุงเทพมหานคร ครูสภาลาดพร้าว 2544
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม *แนวทางการกำจัดกากอุตสาหกรรม*
กรุงเทพมหานคร กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2545
- ทศพร สุทธิจินดา สมจิตร ปิยศิลป์ และ พิศุทธิ์ สุขุม “การจัดขยะอย่างมีประสิทธิภาพ” *วารสาร
พลังงาน* 3 (มกราคม-มีนาคม 2542) หน้า 51-56
- ทรงศักดิ์ ศรีอนุชาต รองศาสตราจารย์ ดร. “ไดออกซิน” *บัณฑิตศึกษาสารสนเทศ* 10
(มิถุนายน 2542) หน้า 10-12
- ชเรศ ศรีสถิตย์ “การทำลายมูลฝอยโดยวิธีการเผาและการควบคุมมลสารทางอากาศจากเตาเผา”
โยธาสาร 7 (พฤษภาคม 2538) หน้า 27-33
- นิศากร โหมมิตรรัตน์ “การจัดการของเสียอันตรายในประเทศไทย” ใน *สมาคมอาชีพเวชศาสตร์
และสิ่งแวดล้อม* เพื่อศตวรรษที่ 21 หน้า 1-3 กรุงเทพมหานคร กรมควบคุมมลพิษ
2545
- นักวิจัยระดับปฏิบัติการรุ่นที่ 2 “วิจัยและพัฒนาวิธีการจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพสำหรับ
เทศบาลตำบลไชยยา” จัดอบรมโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร กันยายน 2543
- บุญจง ขาวสุทธิวงศ์ *พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย* กรุงเทพมหานคร กระทรวงอุตสาหกรรม
2535
- พิจารณา สัมครการ “พลังงานจากขยะ (Energy from waste)” *วารสารพลังงาน* 8 (กรกฎาคม-
กันยายน 2541) หน้า 20-22
- พิชญ์ สุขผล “การจัดการขยะเทศบาล Municipal Solid waste Management : An Overview”
วิศวกรรมสาร 9 (กันยายน 2539) หน้า 55-61
- วรารุช เสือดี “เตาเผาขยะและสารพิษที่ระบายออก” *วารสารพลังงาน* 9
(มกราคม-มีนาคม 2542) หน้า 40-44
- วีรพันธ์ สีวะลีพิทักษ์ “เมืองเกษตร” *The Green* 1 (2538) หน้า 50-54

- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย “รายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม
ของโครงการสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ กบินทร์บุรี 2534
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย “การศึกษาและพัฒนาระบบกำจัดขยะ
ชุมชนโดยวิธีเผาทำลายแบบครบวงจร” โครงการวิจัยที่ ภ. 41-06/รายงานฉบับที่ 1
ฝ่ายสิ่งแวดล้อมนิเวศวิทยาและพลังงาน 2544
- สาโรจน์ ศิริคันสนียกุล “การจัดการขยะมูลฝอย” *วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี* 23 (กุมภาพันธ์-
มีนาคม 2540) หน้า 115-122
- สุเมธา วิเชียรเพชร และเชิดชัย วรแก่นทราย “การจัดการขยะมูลฝอยของประเทศอังกฤษ”
ข่าวสารอันตรายของเสีย 11 (2543) หน้า 4-5
- สมรัฐ เกิดสุวรรณ พร บุญมี “คู่มือปฏิบัติงาน และบำรุงรักษาเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ
ภาควิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ 2542
- สมรัฐ เกิดสุวรรณ “เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย” ศูนย์วิจัยการเผาของเสีย ภาควิชา
วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ 2544
- อดิศักดิ์ ทองไข่มุกข์ “การติดตามตรวจสอบสารพิษในขยะจากโรงงาน” กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร 2535
- อภิชา ชื่นใจ “POPs สารพิษตกค้างอันตรายใกล้ตัว” *หนังสือพิมพ์เดลินิวส์* (25-26 มีนาคม
2545) หน้า 7
- อรรคเดช บุญไชย “เตาเผาขยะ สภ.1” *วารสารพลังงาน* 7 (กุมภาพันธ์ 2540) หน้า 42-45
- อมรรัตน์ ศรีไพจิตร “เทคโนโลยีเตาเผาของเสียมีพิษ” *วารสารพลังงาน* 8 (กรกฎาคม-
กันยายน 2541) หน้า 28-31
- อมรรัตน์ สันต์ธนะวานิช “โรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากขยะ” *อุตสาหกรรมสิ่งแวดล้อม* 14
(2538) หน้า 9
- Alex E.S.Green “Medical Waste Incineration And Pollution Prevention” Van Nostrand Reinhold,
1992
- B. Billitewski et al “Commercial and Manufacturing wastes” in *Waste Management*, 28-33.
Mercedesdruck, Berlin Germany, Springer –Verlag Heigenburg, 1994.
- B GERARD “Le marche des ordures” L’ Harmattan, France, 1990.
- Calvin R. Brunner. *Handbook of Incineration System*. Mc Graw-Hill, 1991.

C.C. Lee,, *Medical waste Incineration Handbook*. Government Institutes, Maryland, 1990.

Joseph P. Reynoles, R.Ryan Dupont, Louise Theodore “Hazadous Waste Incineration
Calculation” Jon Wiley & Sons, 1991.

R.L. Andrews F.M. Lynn. “Siting of Hazadous Water Facilities” in *Standard Hand book of
Hazadous waste treatment and disposal*, 135-150. H.M. Forcemon, ed, Mc Graw-
Hill Book, 1988.

TIRU *75 ans de TIRU* Le Societe de TIRU, France, 1993.