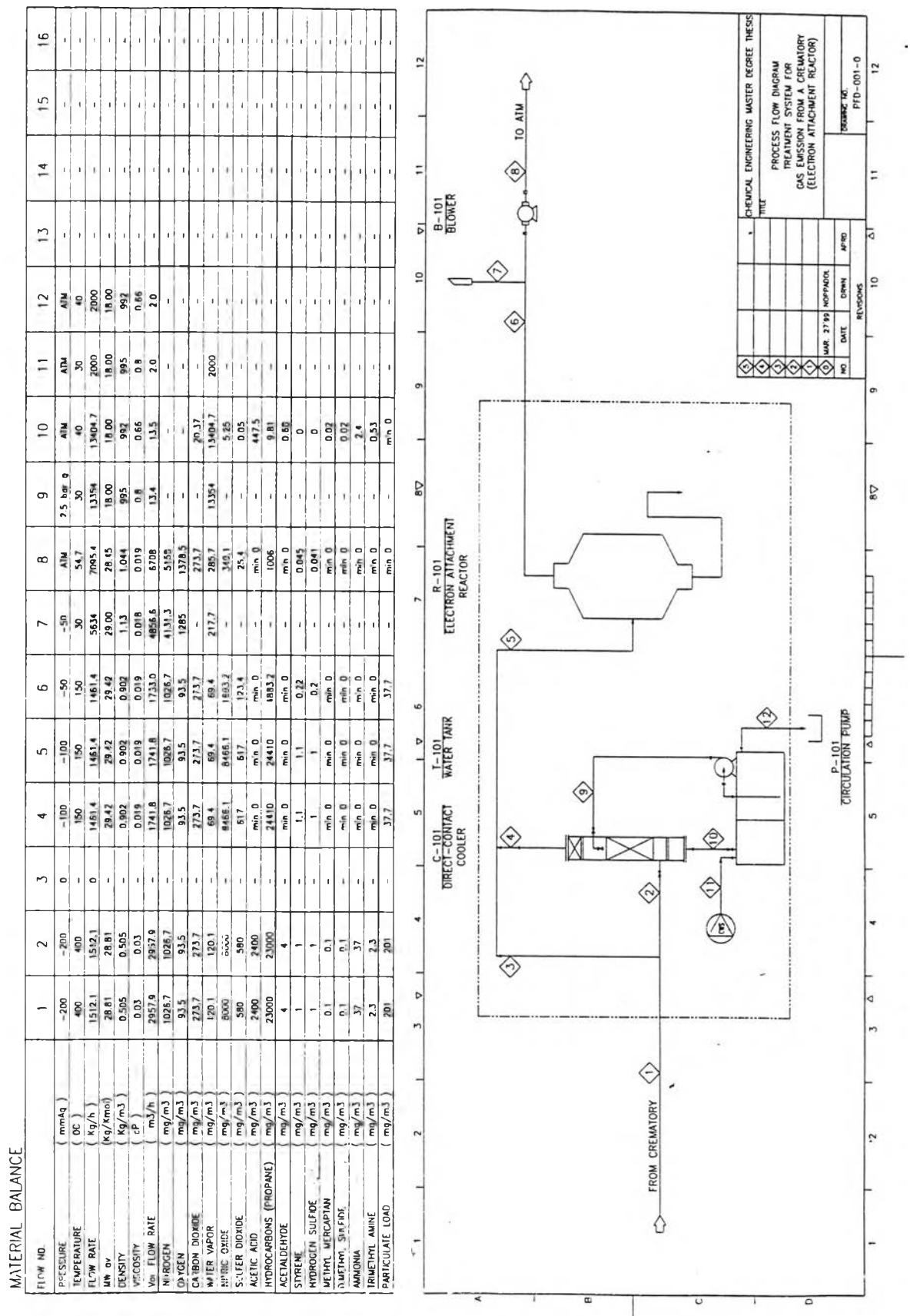
บทที่ 3

การคำนวณออกแบบระบบบำบัดก๊าซทิ้งด้วย Electron Attachment

3.1) <u>คำอธิบายกระบวนการของระบบบำบัด</u>

ก๊าซทิ้งจากเตาเผาศพซึ่งมีสารมลพิษและสารกลิ่นเหม็นเจือปน จะไหลออกจากเตาด้วยอัตราการไหลเฉลี่ย 2958 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 400 องศาเซลเซียส จะถูกลดอุณหภูมิลงเหลือประมาณ 150 องศาเซลเซียสให้เหมาะสมต่อเครื่องปฏิกรณ์ โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำภายในหอสัมผัสตรงชนิดแพคเบด (Raschig 1 นิ้ว) นอกจากแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วอนุภาคฝุ่นรวมทั้งองค์ประกอบของก๊าซบางส่วนจะถูกดักจับด้วยน้ำตกลงสู่ถังเก็บด้านล่าง ซึ่งถังน้ำนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ด้วยผนังเหล็ก ฝุ่นที่ถูกดักจับจะถูกขังอยู่ภายในถังน้ำห้องแรก น้ำจะไหลลอดผ่านช่องว่างด้านล่าง และจะถูกปั๊มปั๊สูบน้ำไหลจนกลับไปที่หอสัมผัสอีก ผ่านหัวฉีดน้ำให้เป็นละออง น้ำบางส่วนจะไหลล้นออกจากถังในขณะที่มีการเติมน้ำเข้าตลอดเวลา เพื่อปรับลดอุณหภูมิของน้ำรวมทั้งลดปริมาณการสะสมของสารมลพิษที่ละลายน้ำได้ ก๊าซทิ้งจะไหลผ่านตัวดักจับหยดน้ำก่อนผ่านเข้าสู่ถังปฏิกรณ์แบบ Electron Attachment โมเลกุลของก๊าซมลพิษและก๊าซกลิ่นเหม็นจะถูกอิเลคตรอนที่มีพลังงานสูงพอ จากการปล่อยโคโรน่าของขั้วคาโธด ทำให้โมเลกุลมีสภาพเป็นลบและจะลอยไปเกาะที่ผิวของท่อซึ่งทำหน้าที่เป็นอาโนด ก๊าซที่บำบัดแล้วจะลอยออกจากถังปฏิกรณ์แล้วจึงผสมด้วยอากาศดี เพื่อปรับความเข้มข้นของก๊าซทิ้งที่ปลายปล่องให้อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตราฐานที่กำหนดไว้

3.2) แผนผังการไหลของระบบบำบัดของระบบบำบัดแบบ Electron Attachment



MATERIAL BALANCE

FLOW NO.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
PRESSURE	(mmAq)	-200	-200	0	-100	-100	-50	-50	ATM	2.5 bar g	ATM	ATM	ATM	-	-	-	-
TEMPERATURE	(OC)	400	400	-	150	150	150	30	54.7	30	40	30	40	-	-	-	-
FLOW RATE	(Kg/h)	1512.1	1512.1	0	1461.4	1461.4	1461.4	5634	7095.4	13354	13404.7	13404.7	2000	-	-	-	-
MW av	(Kg/Kmol)	28.81	28.81	-	28.42	28.42	28.42	29.00	28.15	18.00	18.00	18.00	18.00	-	-	-	-
DENSITY	(Kg/m3)	0.505	0.505	-	0.902	0.902	0.902	1.13	1.044	995	992	995	992	-	-	-	-
VISCOSITY	(cP)	0.03	0.03	-	0.019	0.019	0.019	0.018	0.019	0.8	0.66	0.8	0.66	-	-	-	-
Vol FLOW RATE	(m3/h)	2957.9	2957.9	-	1741.8	1741.8	1733.0	4858.6	6708	13.4	13.5	2.0	2.0	-	-	-	-
NITROGEN	(mg/m3)	1026.7	1026.7	-	1026.7	1026.7	1026.7	4131.3	5155	-	-	-	-	-	-	-	-
OXYGEN	(mg/m3)	93.5	93.5	-	93.5	93.5	93.5	1285	1378.5	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBON DIOXIDE	(mg/m3)	273.7	273.7	-	273.7	273.7	273.7	-	273.7	-	20.37	-	-	-	-	-	-
WATER VAPOR	(mg/m3)	120.1	120.1	-	69.4	69.4	69.4	217.7	285.7	13354	13404.7	2000	-	-	-	-	-
NITRIC OXIDE	(mg/m3)	8000	8000	-	8466.1	8466.1	1883.2	-	349.1	-	5.25	-	-	-	-	-	-
SULFER DIOXIDE	(mg/m3)	580	580	-	617	617	123.4	-	25.4	-	0.05	-	-	-	-	-	-
ACETIC ACID	(mg/m3)	2400	2400	-	min 0	min 0	min 0	-	min 0	-	447.5	-	-	-	-	-	-
HYDROCARBONS (PROPANE)	(mg/m3)	23000	23000	-	21410	21410	1883.2	-	1006	-	9.81	-	-	-	-	-	-
ACETALDEHYDE	(mg/m3)	4	4	-	min 0	min 0	min 0	-	min 0	-	0.58	-	-	-	-	-	-
STYRENE	(mg/m3)	1	1	-	1.1	1.1	0.22	-	0.045	-	0	-	-	-	-	-	-
HYDROGEN SULFIDE	(mg/m3)	1	1	-	1	1	0.2	-	0.041	-	0	-	-	-	-	-	-
METHYL MERCAPTAN	(mg/m3)	0.1	0.1	-	min 0	min 0	min 0	-	min 0	-	0.02	-	-	-	-	-	-
DIMETHYL SULFIDE	(mg/m3)	0.1	0.1	-	min 0	min 0	min 0	-	min 0	-	0.02	-	-	-	-	-	-
AMMONIA	(mg/m3)	37	37	-	min 0	min 0	min 0	-	min 0	-	2.4	-	-	-	-	-	-
TRIMETHYL AMINE	(mg/m3)	2.3	2.3	-	min 0	min 0	min 0	-	min 0	-	0.53	-	-	-	-	-	-
PARTICULATE LOAD	(mg/m3)	201	201	-	37.7	37.7	37.7	-	min 0	-	min 0	-	-	-	-	-	-

3.3) สมดุลมวลสาร

ต่อไปนี้นี้จะทำการหาข้อมูลตั้งต้นของระบบ (สายที่ 1 ของผังการไหล) ได้แก่ อุณหภูมิของก๊าซทิ้ง องค์ประกอบของก๊าซทิ้ง และอัตราการไหลของก๊าซจากเมรุเผาศพที่ใช้อ้างอิง

3.3.1) อุณหภูมิของก๊าซทิ้งจากเตาเผาศพ

จุดประสงค์ : เพื่อหาอุณหภูมิก๊าซทิ้งซึ่งออกจากเมรุเผาศพที่ใช้อ้างอิงซึ่งคืออุณหภูมิขาเข้าของระบบบำบัดก๊าซทิ้ง

สมมติฐาน :
1) ค่าที่ใช้ในการออกแบบเป็นค่าเฉลี่ยจากทุกช่วงอุณหภูมิ
2) ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าจากก๊าซทิ้งที่วิ่งออกจากเตาใหญ่ ผ่านห้องเผากลิ่นและควันโดยยกเลิกการทำงานเตาเผากลิ่นและควัน
3) อุณหภูมิภายในเตาที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อเพลิงทุกชนิดที่ใช้ถูกใช้ไปและปริมาณการป้อนอากาศเข้าห้องเผาใหญ่
4) อัตราส่วนอากาศเกินพอ 30 เปอร์เซ็นต์ตลอดทุกช่วงเวลาการเผา
5) การกระจายตัวของอุณหภูมิจะขึ้นกับลักษณะของเตาจากข้อมูลที่วัดได้จริงและจากสมมติฐาน จะใช้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 400 องศาเซลเซียสเป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบ

3.3.2) องค์ประกอบของก๊าซทิ้ง

จุดประสงค์ : หาองค์ประกอบของก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดโดยองค์ประกอบหลักได้แก่ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซไนโตรเจน ไอน้ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะได้จากการคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงจากการเผาไหม้ภายในเมรุเผาศพ ส่วนประกอบที่มีความเข้มข้นต่ำจะอ้างอิงจากข้อมูลสมมติฐาน

สมมติฐาน :
1) ข้อมูลของ Nishida เป็นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่วัดได้จากการทำการเจือจางด้วยอากาศดี 100 เท่า และ ความเข้มข้นขององค์ประกอบของก๊าซทิ้งจะอยู่ในรูปของจำนวนโมล ต่อปริมาตรของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน (1 บรรยากาศ 25 องศาเซลเซียส)

2)ความเข้มข้นขององค์ประกอบในก๊าซทิ้งจะเป็นค่าก่อนทำการเจือจางด้วย อากาศดีเพราะฉะนั้น ความเข้มข้นขององค์ประกอบในก๊าซทิ้งจะมีค่า 100 เท่าของค่าเฉลี่ยที่วัดได้จริงของ Nishida

3)ความเข้มข้นของฝุ่นในก๊าซทิ้งจะใช้คำจากรายงานของกรมมลพิษ ค่าที่วัดได้ เป็นค่าที่สภาวะมาตรฐาน (1 บรรยากาศ, 25 องศาเซลเซียส)

4)ปริมาตรน้ำในก๊าซทิ้งนอกจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้และความชื้นในอากาศ แล้วอีกส่วนหนึ่งจะมาจากร่างกายของศพด้วย ซึ่งน้ำนี้จะเป็น Intracellular water ในร่างกาย และถือว่าถูกระเหยออกหมดตั้งแต่นาทีที่ 5 จนถึงนาทีที่ 40 ถึง 50 ของการเผา ปริมาณน้ำที่เป็นส่วนประกอบของร่างกายเป็นไปตามตารางที่ 2.2.3 ส่วน Extracellular Water จะไม่ถูกนำมาคำนวณเพราะถือว่าได้ระเหยไปหมดแล้วในช่วงที่ทำการเก็บศพได้รอเผา

จากสมติฐานข้างต้นดังนั้นองค์ประกอบต่าง ๆ ของก๊าซจะเป็นไปตามข้อมูลดังนี้ องค์ประกอบของก๊าซทิ้งหลังทำการเจือจาง 100 เท่า ด้วยอากาศดี

1. องค์ประกอบที่มีความเข้มข้นสูง
   ไนโตรเจน (N_2) = 78 %
   ออกซิเจน (O_2) = 20-21 %

2. องค์ประกอบที่มีความเข้มข้นต่ำ
   คาร์บอนไดออกไซด์ (O_2) : 1 – 2 %
   น้ำ (H_2O) : 22 %
   ไนโตรเจนออกไซด์ (Nox) : 8000 ppm (max)
   ซัลเฟอร์ออกไซด์ (Sox) : 580 ppm (max)
   กรดอะซิติก (Acetic acid) : 2400 ppm
   สารไฮโดรคาร์บอน : 23000 ppm (เทียบเท่าโพรเพน)

3. องค์ประกอบที่มีความเข้มข้นต่ำมาก
   อะเซตัลดีไฮด์ (CH_3CHO) : 4 ppm
   สไตรีน ($C_6H_5CH=CH_2$) : 1 ppm
   ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) : 1 ppm
   เมทิลเมอร์แคปแทน (CH_3SH) : 0.1 ppm
   ไดเมทิลเมอร์แคปแทน ($(CH_3)_2S$) : 0.05 ppm
   แอมโมเนีย (NH_3) : 37 ppm
   ไดรเมทิลเอมีน ($(CH_3)_3N$) : 2.3 ppm

3.3.3) <u>อัตราการไหลของก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ</u>

จุดประสงค์ : หาอัตราการไหลจริงของก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ โดยการคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบการเผาไหม้ภายในเมรุเผาศพเฉลี่ย และคำนวณจากอุณหภูมิของก๊าซทิ้ง(จากตารางที่ 3.3.1 ถึง 3.3.11)

สมมติฐาน : 1) อัตราการไหลของก๊าซทิ้งจากเตาเผาศพที่ใช้การออกแบบ เป็นค่าเฉลี่ยจากทุกช่วงเวลาของการเผาศพ รวมค่า Safety factor 50 % ของค่าเฉลี่ย

2) อัตราการไหลของก๊าซทิ้งจากเตาเผาศพในแต่ละช่วงเวลาจะสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อเพลิงทุกชนิดที่ถูกใช้ไปและอุณหภูมิ

3) เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ประกอบด้วย

- น้ำมันดีเซล อัตราการใช้ 40 ลิตร /ชม. สำหรับหัวเผาในห้องเผาใหญ่ ซึ่งคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้น้ำมันเฉลี่ยต่อการเผาศพหนึ่งครั้ง (50 ถึง 60 ลิตร) ส่วนที่เหลือ 30 เปอร์เซนต์เป็นส่วนของหัวเผาสำหรับห้องเผากลิ่นและควันซึ่งจะไม่นำมาคำนวณพราะได้ยกเลิกระบบบำบัดก๊าซทิ้งด้วยเตาเผากลิ่นและควันที่ใช้ในปัจจุบัน
- ไม้โลงศพ โลงไม้จะถูกเผาให้ความร้อนและเริ่มติดไฟเองได้หลังจากนาทีที่ 5 ของการเผา และถูกใช้หมดไปที่นาทีที่ 120 ของการเผา น้ำหนักของโลงไม้ที่ใช้คำนวณเท่ากับ 30 กิโลกรัม
- ศพ เนื่องจากศพมีส่วนประกอบของสารเคมีต่าง ๆ (ตารางที่ 2.2.4) ซึ่งบางส่วนสามารถติดไฟและคายพลังงานได้ ในการคำนวณถือว่าเชื้อเพลิงจากร่างกายเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ในอัตราส่วน C:H = 4:7 ศพจะเริ่มติดไฟและคายพลังงานตั้งแต่นาทีที่ 40 ถึง 90 น้ำหนักของศพที่ใช้ในการคำนวณเท่ากับ 70 กิโลกรัม น้ำหนักของส่วนที่เป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 18.3 กิโลกรัม

4) อัตราการป้อนอากาศในการเผาไหม้จะสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ไปของเชื้อเพลิงในช่วงเวลาต่าง ๆ (ตาราง 3.3.6) และให้อัตราส่วนอากาศเกินพอคงที่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ตลอดการเผา

5) สมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เป็นไปตามสมการข้างล่างนี้

สำหรับการเผาไหม้น้ำมันดีเซล $C_7H_8 + 9O_2 + (33.9N_2) \longrightarrow 7CO_2 + 4H_2O + (33.9N_2)$ (3.3.1)

สำหรับการเผาไหม้โลงไม้ $C + O_2\ (3.76N_2) \longrightarrow CO_2 + (3.76N_2)$ (3.3.2)

สำหรับการเผาเชื้อเพลิงมนุษย์ $C_4H_7+5.75O_2+(21.63N_2) \longrightarrow 4CO_2+3.5H_2O+(21.63N_2)$ (3.3.3)

อัตราส่วนอากาศเกินพอ 30 % สำหรับเชื้อเพลิงทุกชนิด

: อากาศป้อนเข้าเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % ($0.0215\ Kq_w/Kq_{DA}$)

: แฟคเตอร์ 1.5 เท่าสำหรับปริมาณของก๊าซที่ใช้ในการออกแบบ

<u>การคำนวณปริมาณน้ำ</u>

ปริมาณน้ำเฉลี่ยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา = [(ปริมาณน้ำจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซล)+ (ปริมาณน้ำจากอากาศ)+(ปริมาณน้ำระเหยจากศพ) +(ปริมาณน้ำจากการเผาศพ)] x1.5

= [(ปริมาณน้ำจากตารางที่ 3.3.9)+ (ปริมาณน้ำจากตารางที่ 3.3.10)+ (ปริมาณน้ำจากตารางที่ 3.3.11)+] x 1.5

<u>การคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์</u>

ปริมาณ CO_2 เฉลี่ยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา = [(ปริมาณ CO_2 จากการเผาไหม้น้ำมันดีเซล) +(ปริมาณ CO_2 จากการเผาโลงไม้)+ (ปริมาณ CO_2 จากการเผาศพ)] x 1.5

= [(ปริมาณ CO_2 จากตารางที่ 3.3.9)+ (ปริมาณ CO_2 จากตารางที่ 3.3.10)+ (ปริมาณ CO_2 จากตารางที่ 3.3.11)] x 1.5

<u>การคำนวณปริมาณ ออกซิเจน</u>

ปริมาณ O_2 เฉลี่ยที่เหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา = [(ปริมาณ O_2 ที่เหลือจากการเผาน้ำมันดีเซล) +(ปริมาณ O_2 ที่เหลือจากการเผาโลงไม้)+ (ปริมาณ O_2 ที่เหลือจากการเผาศพ)] x 1.5

$$= \left(\begin{array}{l} (\text{ปริมาณ } O_2 \text{ จากตารางที่ } 3.3.9)+ \\ (\text{ปริมาณ } O_2 \text{ จากตารางที่ } 3.3.10)+ \\ (\text{ปริมาณ } O_2 \text{ จากตารางที่ } 3.3.11)+ \end{array} \right) \times 1.5$$

<u>การคำนวณปริมาณไนโตรเจน</u>

ปริมาณ N_2 เฉลี่ยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา

$$= \left(\begin{array}{l} (\text{ปริมาณ } N_2 \text{ จากการเผาน้ำมันดีเซล}) \\ +(\text{ปริมาณ } N_2 \text{ จากการเผาโลงไม้})+ \\ (\text{ปริมาณ } N_2 \text{ จากการเผาศพ}) \end{array} \right) \times 1.5$$

$$= \left(\begin{array}{l} (\text{ประมาณ } N_2 \text{ จากตารางที่ } 3.3.9)+ \\ (\text{ประมาณ } N_2 \text{ จากตารางที่ } 3.3.10)+ \\ (\text{ประมาณ } N_2 \text{ จากตารางที่ } 3.3.11) \end{array} \right) \times 1.5$$

<u>สรุป</u>

ปริมาณ H_2O = [(0.93)+(0.748)+(2)+(0.77) kmol/h] x 1.5 = 6.67 kmol/h

= (6.67 kmol/h)(18 kg/kmol) = 120.06 kg/h

ปริมาณ CO_2 = [(1.63)+(1.637)+(0.88) kmol/h] x 1.5 = 6.22 kmol/h

(6.22 kmol/h)(44 kg/kmol) = 273.7 kg/h

ปริมาณ N_2 = [(10.24)+(8.006)+(6.20) kmol/h] x 1.5 = 36.67 kmol/h

= (36.67 kmol/h)(28 kg/kml) = 1026.7 kg/h

ปริมาณ O_2 = [(0.82)+(0.638)+(0.49) kmol/h] x 1.5 = 2.92 kmol/h

= (2.92 kmol/h)(32 kg/kmol) = 93.5 kg/h

ตารางที่ 3.3.1 อัตราการใช้น้ำมันดีเซลของหัวเผาใหญ่ในการเผาศพ

Time	Av. Fuel Consumption					O_2 Required
(min)	(%)	Mass rate (Kg/h)	Mol rate (Kmol/h)	Mass (Kg)	Mass Accu (Kg)	(Kmol/h)
0	0	0.00	0.000	0.100	0.100	0.000
1	30	12.00	0.130	0.433	0.533	1.174
2	100	40.00	0.435	2.000	2.533	3.913
5	100	40.00	0.435	3.000	5.533	3.913
10	80	32.00	0.348	5.000	10.533	3.130
20	70	28.00	0.304	4.333	14.867	2.739
30	60	24.00	0.261	3.333	18.200	2.348
40	40	16.00	0.174	2.333	20.533	1.565
50	30	12.00	0.130	1.000	21.533	1.174
55	30	12.00	0.130	1.083	22.617	1.174
60	35	14.00	0.152	2.667	25.283	1.370
70	45	18.00	0.196	3.167	28.450	1.761
80	50	20.00	0.217	3.667	32.117	1.957
90	60	24.00	0.261	0.000	32.117	2.348
90	0	0.00	0.000	0.000	32.117	0.000
100	0	0.00	0.000	0.000	32.117	0.000
105	0	0.00	0.000	0.000	32.117	0.000
110	0	0.00	0.000	0.000	32.117	0.000
120	0	0.00	0.000	0.000	32.117	0.000

Note: 1) Av. MW of Diesel Oil is 92
2) SP.GR of Diesel Oil is 0.88
3) Basis Total fuel consumption is 40-60 l/120 min
4) Rated capacity of Main buner is 40 Kg/h

ตารางที่ 3.3.2 อัตราการใช้น้ำมันดีเซลของหัวเผากลิ่นและควันของการเผาศพ (ก่อนทำการ ยกเลิก)

Time	Av. Consumption					O_2 Required
(min)	(%)	Mass rate (Kg/h)	Mol rate (Kmol/h)	Mass (Kg)	Mass Accu (Kg)	(Kmol/h)
0	0	0.0	0.00	0.02	0.02	0.00
1	30	2.5	0.03	0.09	0.11	0.24
2	100	8.3	0.09	0.42	0.53	0.81
5	100	8.3	0.09	0.64	1.17	0.81
10	85	7.1	0.08	1.11	2.27	0.69
20	75	6.2	0.07	0.97	3.24	0.61
30	65	5.4	0.06	0.83	4.07	0.53
40	55	4.6	0.05	0.73	4.80	0.45
50	50	4.2	0.05	0.35	5.14	0.41
55	50	4.2	0.05	0.35	5.49	0.41
60	50	4.2	0.05	0.69	6.18	0.41
70	50	4.2	0.05	0.69	6.87	0.41
80	50	4.2	0.05	0.69	7.56	0.41
90	50	4.2	0.05	0.00	7.56	0.41
90	0	0.0	0.00	0.00	7.56	0.00
100	0	0.0	0.00	0.00	7.56	0.00
105	0	0.0	0.00	0.00	7.56	0.00
110	0	0.0	0.00	0.00	7.56	0.00
120	0	0.0	0.00	0.00	7.56	0.00

Note: 1) Av. MW of Diesel Oil is 92 Kmol/h
2) SP.GR of Diesel Oil is 0.88
3) Basis Main fuel consumption is 40-60 l/h
4) Rated capacity of Main buner is 8.3 Kg/h

ตารางที่ 3.3.3 อัตราการเผาไหม้ของโลงไม้ต่อช่วงเวลา

Time	Av. Consumption					O_2 Required
(min)	(%)	Mass rate (Kg/h)	Mol rate (Kmol/h)	Mass (Kg)	Mass Accu (Kg)	(Kmol/h)
0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0	0.0	0.00	0.19	0.19	0.00
10	30	4.5	0.38	1.00	1.19	0.38
20	50	7.5	0.63	1.56	2.75	0.63
30	75	11.3	0.94	2.19	4.94	0.94
40	100	15.0	1.25	2.50	7.44	1.25
50	100	15.0	1.25	1.25	8.69	1.25
55	100	15.0	1.25	1.25	9.94	1.25
60	100	15.0	1.25	2.50	12.44	1.25
70	100	15.0	1.25	2.50	14.94	1.25
80	100	15.0	1.25	4.38	19.31	1.25
90	250	37.5	3.13	4.38	23.69	3.13
100	100	15.0	1.25	1.09	24.78	1.25
105	75	11.3	0.94	0.94	25.72	0.94
110	75	11.3	0.94	1.75	27.47	0.94
120	65	9.8	0.81	1.31	28.78	0.81
130	40	6.0	0.50	0.69	29.47	0.50
140	15	2.3	0.19	0.19	29.66	0.19

Note: 1) Coffin is made of wood. Assume wood is 100% Carbon.
2) Weight of wooden coffin is 30 Kg
3) Trace amount of wooden fuel remain after 140 min of burning.

ตารางที่ 3.3.4 อัตราการเผาไหม้ของศพต่อช่วงเวลา

Time	Av. Consumption					O_2 Required
(min)	(%)	Mass rate (Kg/h)	Mol rate (Kmol/h)	Mass (Kg)	Mass Accu (Kg)	(Kmol/h)
0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0	0.0	0.00	4.58	4.58	0.00
50	250	55.0	1.00	4.12	8.71	5.75
55	200	44.0	0.80	2.98	11.69	4.60
60	125	27.5	0.50	3.57	15.26	2.87
70	70	15.4	0.28	2.11	17.37	1.61
80	45	9.9	0.18	0.82	18.19	1.03
90	0	0.0	0.00	0.00	18.19	0.00
90	0	0.0	0.00	0.00	18.19	0.00
100	0	0.0	0.00	0.00	18.19	0.00
105	0	0.0	0.00	0.00	18.19	0.00
110	0	0.0	0.00	0.00	18.19	0.00
120	0	0.0	0.00	0.00	18.19	0.00

Note: 1) Human body fuel is taken as Hydrocarbon fuel.
2) H:C mol ratio is 4:7.
3) Tot. weight of Human body fuel is 18.33 Kg
4) Av. MW of Human body fuel is 55

ตารางที่ 3.3.5 อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนในการเผาไหม้ศพต่อช่วงเวลา

Time	Av. Consumption					O_2 consumed
(min)	(%)	Mass rate (Kg/h)	Mol rate (Kmol/h)	Mass (Kg)	Mass Accu (Kg)	(Kmol/h)
0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0	0.0	0.00	1.58	1.58	0.00
50	250	19.0	1.18	1.42	3.00	1.18
55	200	15.2	0.95	1.03	4.03	0.95
60	125	9.5	0.59	1.23	5.26	0.59
70	70	5.3	0.33	0.69	5.95	0.33
80	40	3.0	0.19	0.25	6.21	0.19
90	0	0.0	0.00	0.00	6.21	0.00
90	0	0.0	0.00	0.00	6.21	0.00
100	0	0.0	0.00	0.00	6.21	0.00
105	0	0.0	0.00	0.00	6.21	0.00
110	0	0.0	0.00	0.00	6.21	0.00
120	0	0.0	0.00	0.00	6.21	0.00

Note: 1) Human body Oxygen can be considered as Oxygen source for combustion.
2) Total weight of Oxygen of Human Body as source of combustion is 6.318 Kg
3) Oxygen consumption rate trend is same as Human Body Fuel consumption rate.
4) Av. Oxygen consumption rate is 0.351 Kmol:50 min.= 0.4212 Kmol/h

ตารางที่ 3.3.6 อัตราการป้อนอากาศในการเผาไหม้ศพปรกติต่อช่วงเวลา

Time	Total O_2 req.	Air requirement and vol Flow rate acc. to % excess					
		30			50		
		Molar	Flow Rate	Mol interval	Molar	Flow Rate	Mol interval
(min)	(Kmol/h)	(Kmol/h)	(Nm^3/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Nm^3/h)	(Kmol)
0	0.00	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
1	1.17	7.3	162.9	0.3	8.4	187.9	0.3
2	3.91	24.2	542.9	1.2	28.0	626.4	1.4
5	3.91	24.2	542.9	1.9	28.0	626.4	2.2
10	3.51	21.7	486.3	3.5	25.0	561.2	4.1
20	3.36	20.8	466.7	3.4	24.0	538.5	4.0
30	3.29	20.3	455.8	3.1	23.5	525.9	3.6
40	2.82	17.4	390.6	5.1	20.1	450.7	5.8
50	6.99	43.3	969.6	3.4	49.9	1118.7	3.9
55	6.27	38.8	870.0	3.0	44.8	1003.9	3.4
60	5.29	32.8	734.4	5.0	37.8	847.3	5.8
70	4.48	27.8	622.2	4.6	32.0	717.9	5.3
80	4.44	27.5	616.4	3.9	31.7	711.3	4.5
90	3.13	19.3	433.6	0.0	22.3	500.3	0.0
90	3.13	19.3	433.6	2.3	22.3	500.3	2.6
100	1.25	7.7	173.4	0.6	8.9	200.1	0.7
105	0.94	5.8	130.1	0.5	6.7	150.1	0.6
110	0.94	5.8	130.1	0.9	6.7	150.1	1.0
120	0.81	5.0	112.7	0.4	5.8	130.1	0.5
Mol accumulated (Kmol)				43.21			49.9
Av.consumption during combustion (Kmol/h)				21.60			24.93
Design Factor				1.50			1.50
Design consumption during combustion (Kmol/h)				32.41			37.39
Design Vol. Flow rate (Nm^3/h)				725.91			837.59

ตารางที่ 3.3.7 อัตราการป้อนอากาศในการเผาไหม้ตามทฤษฎีและค่าในการออกแบบ

Time	Total Air Supply					
	30 % Excess Air			50 % Excess Air		
	Flow rate	Flow at Inlet Temp.		Flow rate	Flow at Inlet Temp.	
	0 (°C)	400 (°C)	500 (°C)	0 (°C)	400 (°C)	500 (°C)
(min)	(Nm^3/h)	(m^3/h)	(m^3/h)	(Nm^3/h)	(m^3/h)	(m^3/h)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	162.9	401.5	461.2	187.9	463.3	532.1
2	542.9	1338.4	1537.2	626.4	1544.3	1773.7
5	542.9	1338.4	1537.2	626.4	1544.3	1773.7
10	486.3	1198.9	1377.1	561.2	1383.4	1589.0
20	466.7	1150.6	1321.6	538.5	1327.6	1524.9
30	455.8	1123.7	1290.6	525.9	1296.5	1489.2
40	390.6	962.9	1105.9	450.7	1111.0	1276.1
50	969.6	2390.1	2745.3	1118.7	2757.9	3167.6
55	870.0	2144.8	2463.5	1003.9	2474.8	2842.5
60	734.4	1810.3	2079.3	847.3	2088.9	2399.2
70	622.2	1533.8	1761.7	717.9	1769.8	2032.8
80	616.4	1519.6	1745.4	711.3	1753.4	2014.0
90	433.6	1068.8	1227.6	500.3	1233.3	1416.5
90	433.6	1068.8	1227.6	500.3	1233.3	1416.5
100	173.4	427.5	491.1	200.1	493.3	566.6
105	130.1	320.6	368.3	150.1	370.0	425.0
110	130.1	320.6	368.3	150.1	370.0	425.0
120	112.7	277.9	319.2	130.1	320.6	368.3
Av.Flow rate at temp (m^3/h)		1789.5	2055.4		2064.8	2371.6

ตารางที่ 3.3.8 อุณหภูมิการเผาไหม้ภายในเตาเผาใหญ่และเตาเผากลิ่นและควันตามช่วงเวลา

Time	Main Chamber Temp.	After Buner Chamber Temp.
(min)	(°C)	(°C)
0	74	55
1	75	85
2	80	103
5	94	103
10	104	104
20	239	113
30	377	188
40	463	252
50	516	286
55	549	289
60	588	269
70	566	250
80	574	232
90	639	215
90	639	215
100	688	214
105	703	212
110	716	215
120	682	227
130	603	202

ตารางที่ 3.3.9 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของกาซ้จากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลตามช่วงเวลาต่าง ๆ

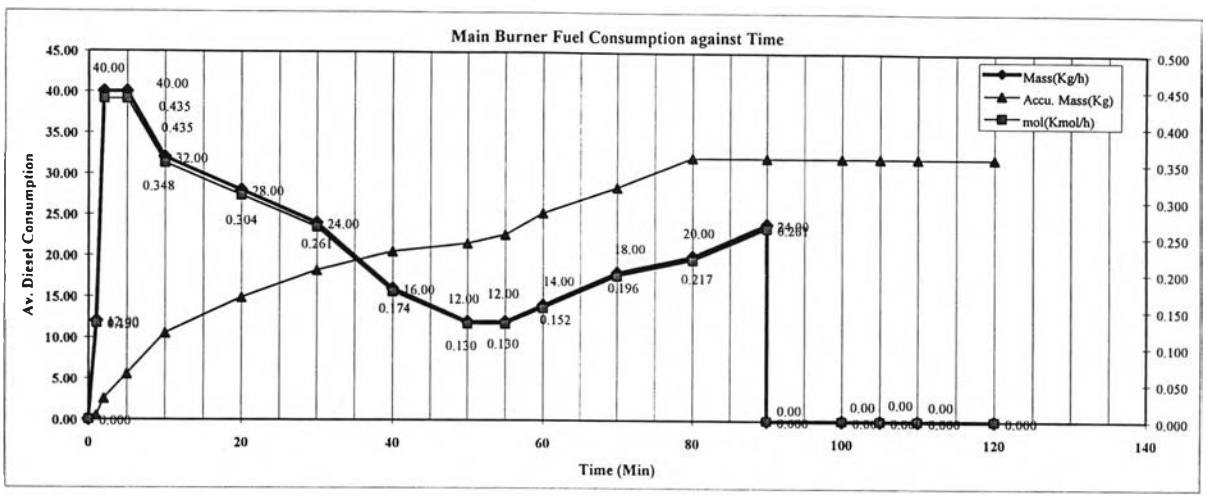
Time	Av. Fuel Consumption			O_2 Required	Air Supplied Excess 30%				Flue Gas Out							
					O_2 in	Mol Interval	N_2 in	Mol Interval	CO_2 gen	Mol Interval	H_2O gen	Mol Interval	N_2 out	Mol Interval	O_2 excess	Mol Interval
(min)	(%)	Mass rate (Kg/h)	Mol rate (Kmol/h)	(Kmol/h)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)
0	0	0.00	0.000	0.000	0.00	0.01	0	0.05	0	0.01	0	0.00	0	0.05	0	0.00
1	30	12.00	0.130	1.174	1.53	0.06	5.74	0.21	0.91	0.03	0.52	0.02	5.74	0.21	0.46	0.02
2	100	40.00	0.435	3.913	5.09	0.25	19.14	0.96	3.04	0.15	1.74	0.09	19.14	0.96	1.53	0.08
5	100	40.00	0.435	3.913	5.09	0.38	19.14	1.44	3.04	0.23	1.74	0.13	19.14	1.44	1.53	0.11
10	80	32.00	0.348	3.130	4.07	0.64	15.31	2.39	2.43	0.38	1.39	0.22	15.31	2.39	1.22	0.19
20	70	28.00	0.304	2.739	3.56	0.55	13.40	2.07	2.13	0.33	1.22	0.19	13.40	2.07	1.07	0.17
30	60	24.00	0.261	2.348	3.05	0.42	11.48	1.59	1.83	0.25	1.04	0.14	11.48	1.59	0.92	0.13
40	40	16.00	0.174	1.565	2.03	0.30	7.65	1.12	1.22	0.18	0.70	0.10	7.65	1.12	0.61	0.09
50	30	12.00	0.130	1.174	1.53	0.13	5.74	0.48	0.91	0.08	0.52	0.04	5.74	0.48	0.46	0.04
55	30	12.00	0.130	1.174	1.53	0.14	5.74	0.52	0.91	0.08	0.52	0.05	5.74	0.52	0.46	0.04
60	35	14.00	0.152	1.370	1.78	0.34	6.70	1.28	1.07	0.20	0.61	0.12	6.70	1.28	0.53	0.10
70	45	18.00	0.196	1.761	2.29	0.40	8.61	1.51	1.37	0.24	0.78	0.14	8.61	1.51	0.69	0.12
80	50	20.00	0.217	1.957	2.54	0.47	9.57	1.75	1.52	0.28	0.87	0.16	9.57	1.75	0.76	0.14
90	60	24.00	0.261	2.348	3.05	0.00	11.48	0.00	1.83	0.00	1.04	0.00	11.48	0.00	0.92	0.00
90	0	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
105	0	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
110	0	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					Total (Kmol)	4.08	Total (Kmol)	15.37	Total (Kmol)	2.44	Total (Kmol)	1.40	Total (Kmol)	15.37	Total (Kmol)	1.23
					Av. Mol(Kmol/h)	2.72	Av. Mol(Kmol/h)	10.24	Av. Mol(Kmol/h)	1.63	Av. Mol(Kmol/h)	0.93	Av. Mol(Kmol/h)	10.24	Av. Mol(Kmol/h)	0.82

ตารางที่ 3.3.10 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของก๊าซจากการเผาไหม้ถ่านไม้ ตามช่วงเวลาต่างๆ

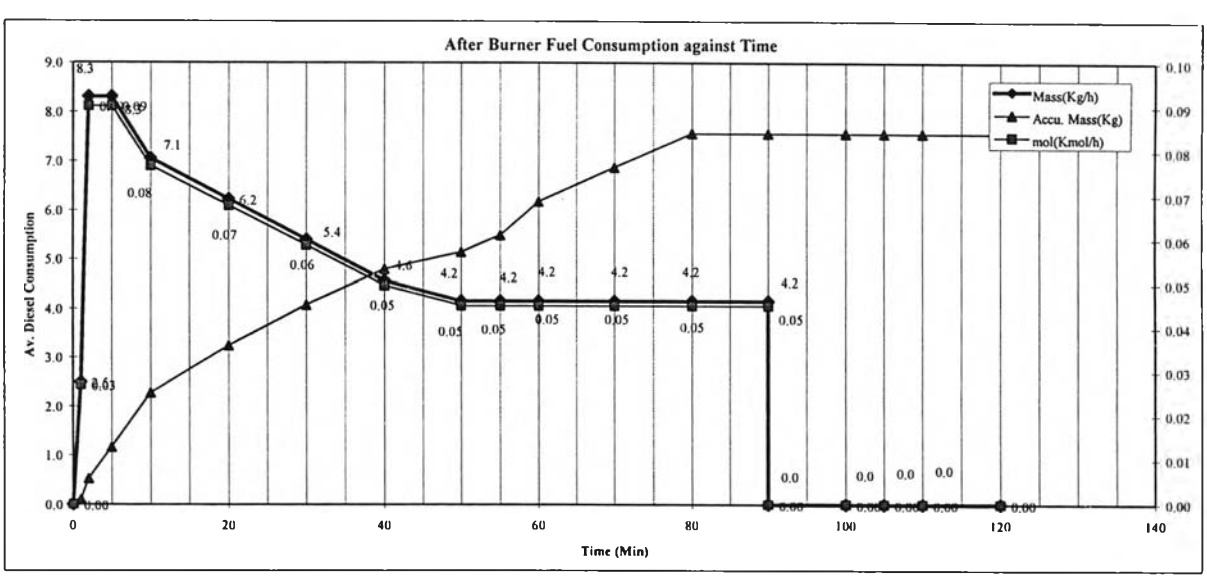
Time	Av Fuel Consumption			O_2 Required	Air Supplied Excess 30%				Flue Gas Out							
					O_2 in	Mol Interval	N_2 in	Mol Interval	CO_2 gen	Mol Interval	H_2O gen	Mol Interval	N_2 out	Mol Interval	O_2 excess	Mol Interval
(min)	(%)	Mass rate (Kg/h)	Mol rate (Kmol/h)	(Kmol/h)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)
0	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.020	0.000	0.076	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.076	0.000	0.006
10	30	4.5	0.38	0.38	0.488	0.108	1.834	0.408	0.375	0.083	0.000	0.000	1.834	0.408	0.146	0.033
20	60	7.6	0.63	0.63	0.813	0.169	3.057	0.637	0.625	0.130	0.000	0.000	3.057	0.637	0.244	0.051
30	75	11.3	0.94	0.94	1.219	0.237	4.585	0.891	0.938	0.182	0.000	0.000	4.585	0.891	0.366	0.071
40	100	15.0	1.25	1.25	1.625	0.271	6.113	1.019	1.250	0.208	0.000	0.000	6.113	1.019	0.488	0.081
50	100	15.0	1.25	1.25	1.625	0.135	6.113	0.509	1.250	0.104	0.000	0.000	6.113	0.509	0.488	0.041
55	100	15.0	1.25	1.25	1.625	0.135	6.113	0.509	1.250	0.104	0.000	0.000	6.113	0.509	0.488	0.041
60	100	15.0	1.25	1.25	1.625	0.271	6.113	1.019	1.250	0.208	0.000	0.000	6.113	1.019	0.488	0.081
70	100	15.0	1.25	1.25	1.625	0.271	6.113	1.019	1.250	0.208	0.000	0.000	6.113	1.019	0.488	0.081
80	100	15.0	1.25	1.25	1.625	0.474	6.113	1.783	1.250	0.365	0.000	0.000	6.113	1.783	0.488	0.142
90	250	37.5	3.13	3.13	4.063	0.474	15.283	1.783	3.125	0.365	0.000	0.000	15.283	1.783	1.219	0.142
100	100	15.0	1.26	1.26	1.626	0.118	6.113	0.446	1.250	0.091	0.000	0.000	6.113	0.446	0.488	0.036
105	75	11.3	0.94	0.94	1.219	0.102	4.585	0.382	0.938	0.078	0.000	0.000	4.585	0.382	0.366	0.030
110	75	11.3	0.94	0.94	1.219	0.190	4.585	0.713	0.938	0.146	0.000	0.000	4.585	0.713	0.366	0.057
120	65	9.8	0.81	0.81	1.050	0.142	3.974	0.535	0.813	0.109	0.000	0.000	3.974	0.535	0.317	0.043
130	40	6.0	0.50	0.50	0.650	0.074	2.445	0.280	0.500	0.057	0.000	0.000	2.445	0.280	0.195	0.022
140	15	2.3	0.19	0.19	0.244	0.000	0.917	0.000	0.188	0.000	0.000	0.000	0.917	0.000	0.073	0.000
					Total (Kmol)	3.192	Total (Kmol)	12.010	Total (Kmol)	2.456	Total (Kmol)	0.000	Total (Kmol)	12.010	Total (Kmol)	0.958
					Av. Mol(Kmol/h)	2.128	Av. Mol(Kmol/h)	8.006	Av. Mol(Kmol/h)	1.637	Av. Mol(Kmol/h)	0.000	Av. Mol(Kmol/h)	8.006	Av. Mol(Kmol/h)	0.638

ตารางที่ 3.3.11 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของก๊าซ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมนุษย์ ตามช่วงเวลาต่างๆ

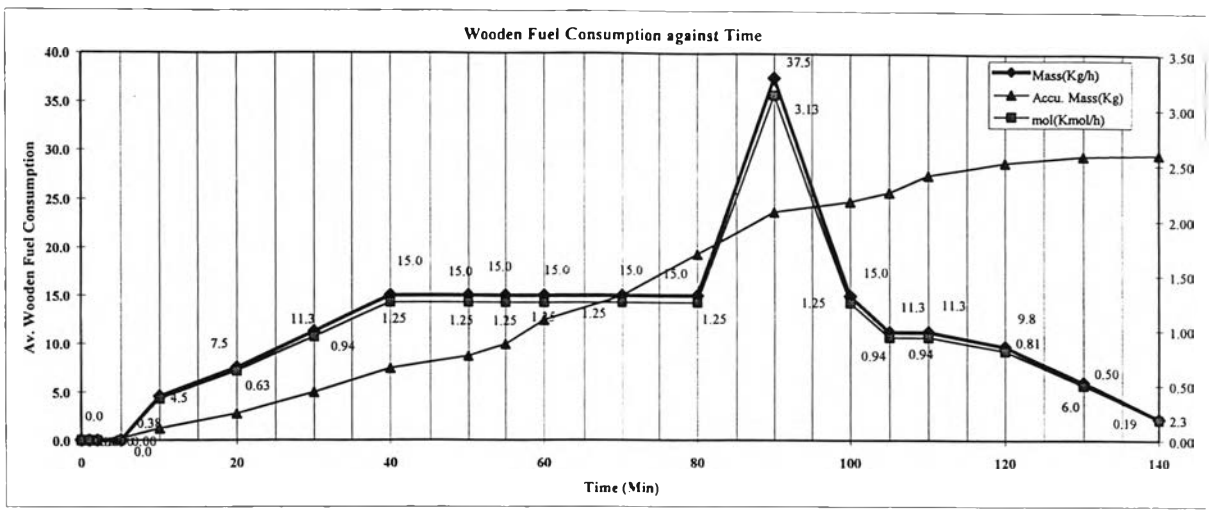
Time	Av. Fuel Consumption			O_2 Required	Air Supplied Excess 30%				Flue Gas Out							
					O_2 in	Mol Interval	N_2 in	Mol Interval	CO_2 gen	Mol Interval	H_2O gen	Mol Interval	N_2 out	Mol Interval	O_2 excess	Mol Interval
(min)	(%)	Mass rate (Kg/h)	Mol rate (Kmol/h)	(Kmol/h)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)	(Kmol/h)	(Kmol)
0	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.623	0.000	2.343	0.000	0.333	0.000	0.292	0.000	2.343	0.000	0.187
50	250	55.0	1.00	5.75	7.474	0.561	28.115	2.109	3.999	0.300	3.499	0.262	28.115	2.109	2.242	0.168
55	200	44.0	0.80	4.60	6.070	0.405	22.402	1.523	3.100	0.217	2.700	0.190	22.492	1.523	1.794	0.121
60	125	27.5	0.50	2.87	3.737	0.480	14.058	1.827	2.000	0.260	1.750	0.227	14.058	1.827	1.121	0.146
70	70	15.4	0.28	1.61	2.093	0.286	7.872	1.078	1.120	0.153	0.980	0.134	7.872	1.078	0.628	0.086
80	45	9.9	0.18	1.03	1.345	0.112	5.061	0.422	0.720	0.060	0.630	0.052	5.061	0.422	0.404	0.034
00	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
105	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120	0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
					Total (Kmol)	2.47	Total (Kmol)	9.30	Total (Kmol)	1.32	Total (Kmol)	1.16	Total (Kmol)	9.30	Total (Kmol)	0.74
					Av. Mol(Kmol/h)	1.65	Av. Mol(Kmol/h)	6.20	Av. Mol(Kmol/h)	0.88	Av. Mol(Kmol/h)	0.77	Av. Mol(Kmol/h)	6.20	Av. Mol(Kmol/h)	0.49



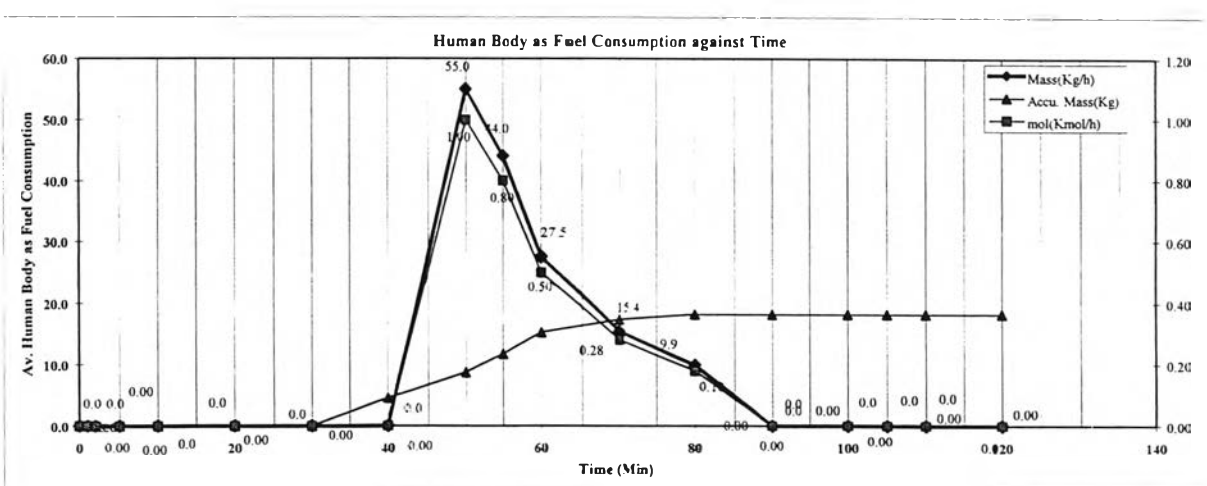
รูปที่ 3.3.1 อัตราการใช้น้ำมันดีเซลของหัวเผาใหญ่ในการเผาศพ



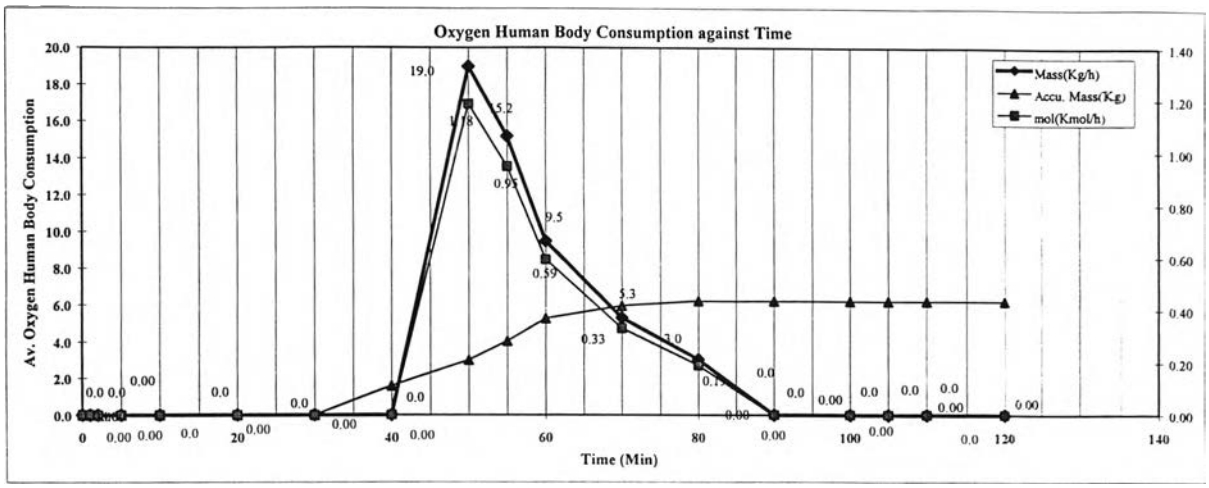
รูปที่ 3.3.2 อัตราการใช้น้ำมันดีเซลของหัวเผากลิ่นและควันของการเผาศพปรกติ(ก่อนทำการยกเลิก)



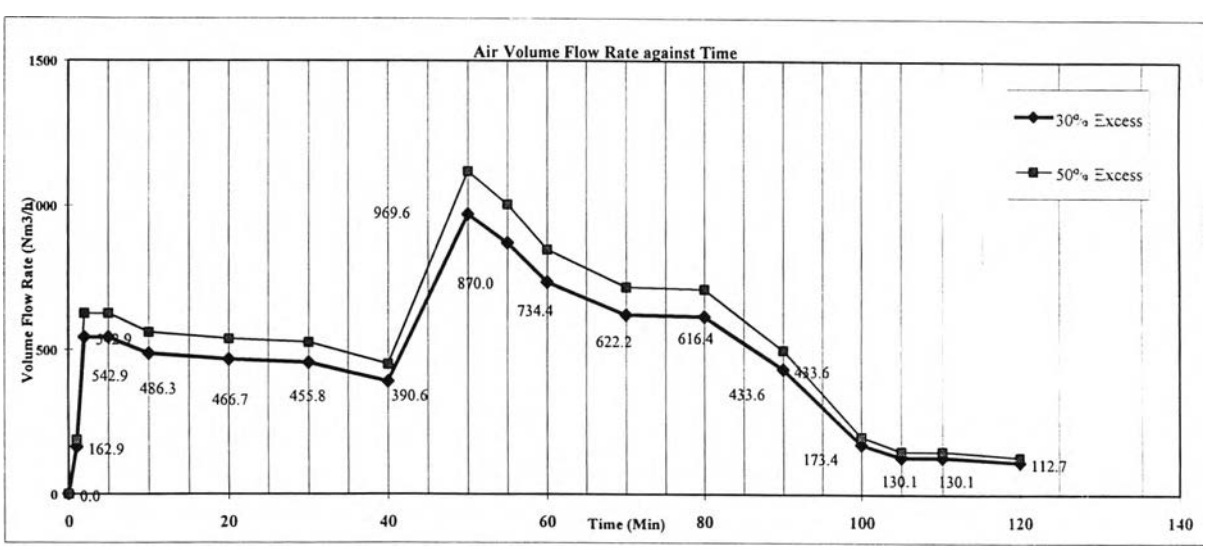
รูปที่ 3.3.3 อัตราการเผาไหม้โลงไม้ต่อเวลา



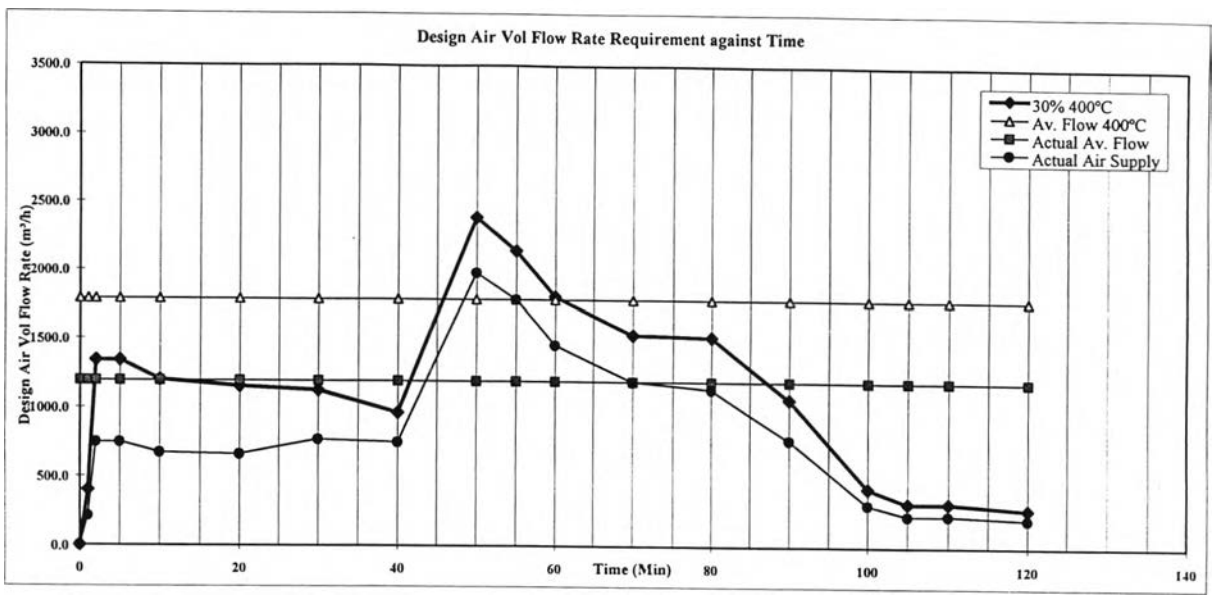
รูปที่ 3.3.4 อัตราการเผาไหม้ศพต่อเวลา



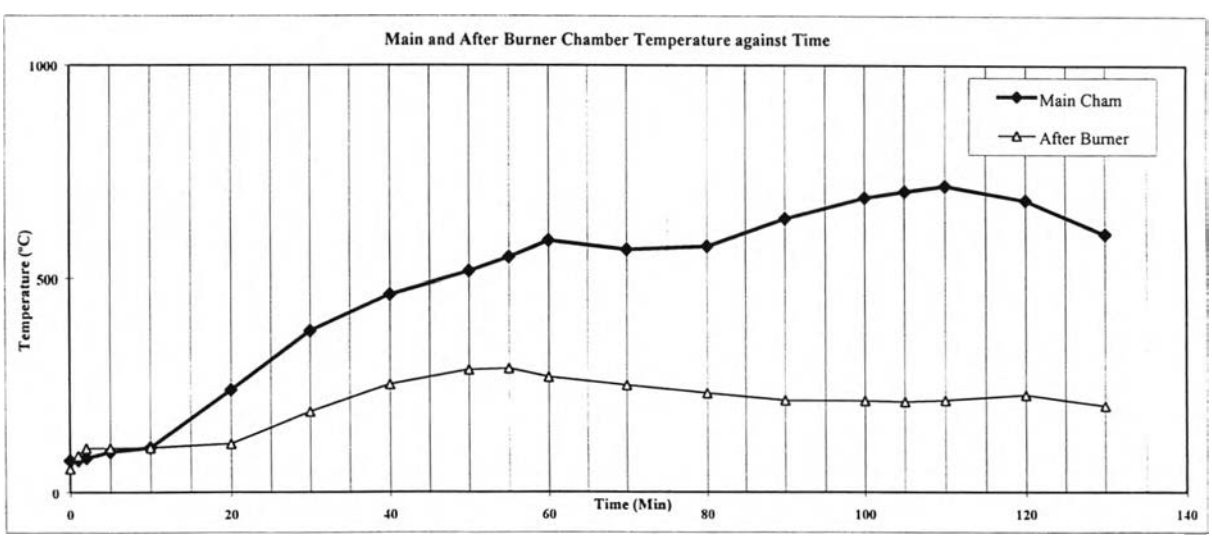
รูปที่ 3.3.5 อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนในการเผาไหม้ศพต่อช่วงเวลา



รูปที่ 3.3.6 อัตราการป้อนอากาศในการเผาไหม้ศพตามปรกติต่อช่วงเวลา



รูปที่ 3.3.7 อัตราการป้อนอากาศเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาเผาศพ



รูปที่ 3.3.8 อุณหภูมิการเผาไหม้ภายในเตาเผาใหญ่และเตาเผากลิ่นและควัน

สายการไหลที่ 2, 3 ในการปฏิบัติงานตามปรกติ องค์ประกอบต่างๆ ของสายที่ 2 จะเหมือนกับสายการไหลที่ 1 (ไม่มีการ By Pass)และไม่มีการไหลของสายการไหลที่ 3

สายการไหลที่ 4, 5 ปริมาณความชื้นในก๊าซทิ้งจะลดลง เนื่องจากเกิดการถ่ายเทมวลไปสู่น้ำที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อน (ดูการคำนวณหัวข้อ 3.4.1)

ปริมาณความชื้นที่เหลือ = ปริมาณความชื้นขาเข้า - ปริมาณความชื้นที่ถ่ายเทไป

= 120.1-50.7 = 69.4 Kg/h

ส่วนความเข้มข้นขององค์ประกอบที่มีความเข้มข้นต่ำอื่นๆ จะมีความเข้มข้นที่เปลี่ยนไป เนื่องจากปริมาตรรวมของก๊าซขาออกเปลี่ยนไป และการละลายของก๊าซในน้ำ ซึ่งสรุปไว้ในภาคผนวก ง

สายการไหลที่ 6 องค์ประกอบของก๊าซความเข้มข้นต่ำ จะถูกตั้งสมมติฐานว่าจะถูกกำจัดที่ประสิทธิภาพการกำจัดที่ 80 % (ดูการคำนวณหัวข้อ 3.4.4) เช่น SO_2

ความเข้มข้นขาออกจากถังปฏิกรณ์ = ความเข้มข้นขาออก x (1-ประสิทธิภาพ)

= 8466.1 x (1-0.8) =1693.2 ppm

สายการไหลที่ 7, 8 เนื่องจากองค์ประกอบของก๊าซมลพิษ หรือก๊าซกลิ่นเหม็น หลังจากออกจากถังปฏิกรณ์ ยังมีความเข้มข้นที่สูงกว่ามาตรฐานที่ใช้อ้างอิง (บทที่ 2.2) ดังนั้นจึงต้องเจือจางด้วยอากาศดีก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ ในที่นี้จะทำการเจือจางให้ H_2S ซึ่งเป็นก๊าซกลิ่นเหม็นเป็นตัวกำหนด โดยจะลดความเข้มข้นจาก 0.2 ppm ให้เหลือต่ำกว่า 0.06 ppm (กำหนดที่ 0.041 ppm)

เพราะว่า มวลของ H_2S ก่อนผสม = มวลของ H_2S หลังผสม

$0.2 \times (1733\ m^3/h) \times (273/(273+150)) = 0.041 \times (V_2\ m^3/h) \times (273/(273+T_2))$

$V_2 / (273+T_2) = 19.98$

เนื่องจากปริมาตรการไหลของอากาศหลังการผสมและอุณหภูมิ จะขึ้นอยู่กับปริมาตรการไหลของอากาศดี จากการ Trial Error พบว่าที่อัตราการ

ไหลจริงของก๊าซทิ้ง 6708 m^3/h ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซกลิ่นเหม็น มีค่าตามที่กำหนด และอุณหภูมิของก๊าซขาออกเท่ากับ 54.7 ^oC

สายการไหลที่ 9, 10 ปริมาณน้ำ และอุณหภูมิที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของกระบวนการ จะเป็นไปตามรายละเอียดในการคำนวณของหัวข้อที่ 3.4.1

สายการไหลที่ 11, 12 เนื่องจากความต้องการ ในการปรับอุณหภูมิของน้ำที่หมุนเวียนในการแลกเปลี่ยนความร้อน และเจือจาง น้ำซึ่งมีก๊าซทิ้งบางส่วนละลายอยู่ จึงออกแบบให้มีการเติมน้ำเข้าสู่ถัง และล้นออกจากถังตลอดเวลา สมมติฐานอัตราการไหล จะกระทำที่อัตราการไหลสูงสุด ซึ่งสามารถผ่านท่อขนาด ¾ นิ้ว ได้คือ 2 m^3/h

3.4) การคำนวณออกแบบอุปกรณ์ในระบบ

3.4.1) การคำนวณออกแบบหอสัมผัสตรง

จุดประสงค์ : คำนวณหา number of diffusion unit (n_d) เพื่อกำหนดความสูงของแพค

วิธีการ : วิธีการคำนวณของ Donald Q. Kern (9)

ความต้องการของกระบวนการ : ลดอุณหภูมิของก๊าซทิ้งจาก 400 เหลือ 150 องศาเซลเซียส

ข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณ : จากตารางแสดงมวลสาร

Basis : ปริมาณก๊าซทิ้งต่อพื้นที่ = (680 kg/h)/(0.0929 m^2)

ขั้นตอนที่ 1 หาสมบัติของก๊าซทิ้งขาเข้า

ปริมาณความชื้นต่อก๊าซทิ้งขาเข้า , X_1 = (58.67 kg/h)/(680.27 kg/h) = 0.08624 kg_W/kg_G

Dew point ของก๊าซขาเข้า , Dp_i = 50.6 ^oC

เอนทาลปีของก๊าซขาเข้า , H1 = $[(0.08624\ kg_W/kg_G)x(4.18\ kJ/kg.^oC)x(50.6^oC)]+$
$[(0.08624\ kg_W/kg_G)x(2380.76\ kJ/kg)]+$
$[(0.8624\ kg_W/kg_G)x(2.11\ kJ/kg.^oC)x(400\text{-}40)^oC]$
$+[(1.01\ kJ/kg.^oC)x(400^oC)]$

= 691.9 kJ/kg_G

ขั้นตอนที่ 2 หาสมบัติของก๊าซขาออก

สมมติฐาน ความชื้นจากก๊าซทิ้งไปยังน้ำ 42.2 %

ปริมาณความชื้นที่แพร่ไป = (58.67 Kg/h) x 0.422 = 24.759 Kg/h

ปริมาณความชื้นในก๊าซทิ้ง = (58.67 Kg/h) x (1-0.422) = 33.911 Kg/h

ปริมาณความชื้นต่อก๊าซทิ้ง,X_2 = (33.911 Kg/h) / (680.67 Kg/h) = 0.04985 Kg_W/Kg_G

Dew Point ของก๊าซขาออก, $DP_{O=}$ 41.08 ^0C

ปริมาณความชื้นที่แพร่ไป = [(0.0495 Kg_W/Kg_G)x(4.18 KJ/Kg.$^\circ$C)x(41.08°C)]+
[(0.0495 Kg_W/Kg_G)x(2403.9 KJ/Kg)]+
[(0.0495 Kg_W/Kg_G)x(1.94 KJ/Kg.$^\circ$C)x(150-30)$^\circ$C]+
[(1.01 KJ/Kg$^\circ$C)x(150°C)]
= 290.4 KJ/Kg_G

ขั้นตอนที่ 3 หาปริมาณน้ำที่ใช้

ปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท,q = (680.27 Kg/h)(691.9-290.4) KJ/Kg_G
= 273110.8 KJ/h

ปริมาณน้ำ, L = (273110.8 KJ/h)/[(4.18 KJ/Kg.$^\circ$C)x
(40-30)$^\circ$C]
= 6523.1 Kg_W/h

ขั้นตอนที่ 4 หาสมบัติที่เปลี่ยนแปลงของน้ำและก๊าซของแต่ละช่วง $K_xa\Delta v/L$

ตัวอย่างที่ $K_xa\Delta V/L$ 0~0.025

ค่า Le = 0.95 และสมมติให้คงที่ (9)

haV = (0.025)(6532.1 Kgw/h)(0.95)(1.192 KJ/Kg.$^\circ$C) = h.$^\circ$C

q_C = (184.7 KJ/h.$^\circ$C)(400-40)$^\circ$C = 66482.5 KJ/h

ΔT = (66482.5 KJ/h)/[91.192 KJ/Kg.$^\circ$C)(680.27 Kg/h)] = 82.0°C

T_o = 400-82.0= 318.0°C

X' = 0.047 Kgw/Kq_G

K_Xav = (0.025)(6532.1 Kq_W/h) = 163.08 $(Kg/h)(kg_W/Kg_G)$

$K_Xav(X-X')$ = (163.08 $(Kg/h)(Kgw/Kg_G)(0.08624-0.047)(Kgw/Kg_G)$

= 6040 Kg/h

λ = 2406.44 KJ/Kg

q_d = (6.40 Kg/h)(2406.44 KJ/Kg) = 15399 KJ/h

q = (66482.5 KJ/h)+(15399 KJ/h) = 81881.5 KJ/h

$\Delta\tau$ = (81881.5 KJ/h)/[(6523.1 Kg/h)(4.18 KJ/Kg.$^{\circ}$C)] = 3.0 $^{\circ}$C

to = 40-3 = 37 $^{\circ}$C

X'_O = 0.0394 Kgw/Kg_G

X_O = (58.67-6.40) Kg/h / (680.27 Kg/h) = 0.07683 KgW/Kg_G

ทำการคำนวณช่วง $K_xa\Delta V/L$ ช่วงต่างๆ จนกระทั่งได้อุณหภูมิขาออก และปริมาณความชื้นของก๊าซขาออกตรงกับที่ตั้งสมมติฐานได้

จากการคำนวณพบว่าค่า number of diffusion unit = 0.1123

ขั้นตอนที่ 5 หาความสูงของแพคเบด

ชนิดของเบดที่ใช้ : Raschig Ring 1 นิ้ว stanless steel

จากข้อมูล (19) ค่า K_Xa ของแพคเบดนี้ระหว่างน้ำกับอากาศ เท่ากับ

ความสูงของแพคเบด = 0.1123(6523.1 Kgw/h)/(6188.3) = 0.08 m

Safety factor = 6.3

ความสูงของแพคเบด = (0.08) (6.3) = 0.5 m

ขั้นตอนที่ 6 หาพื้นที่หน้าตัดของหอสัมผัส

พื้นที่หน้าตัดหอสัมผัส ,S = (1392 Kg/h)/(680.27 Kg/h / 0.0929m^2)

= 0.19 m^2

เส้นผ่านศูนย์กลางของหอสัมผัส ,D = $(4/\pi \times 0.19)^{1/2}$ = 0.49 m $\approx$ 0.5 m

พื้นที่หน้าตัดที่แท้จริงของหอสัมผัส = $(\pi/4)(0.5)^2$ = 0.196 m^2

ขั้นตอนที่ 7 หาความดันลดภายในหอ

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองในภาคผนวก ข

ΔP = 0.97 (10 x 0.25 $^{3.995}$).(0.417^2 / 0.032 lb/ft^3)

= 0.21 in H_2O/ft

= (0.21 7 x 0.5 7x 3.281 7x 25.4 mm H_2O)

= 8.77 mmH_2O

(เพราะว่า α = 0.97 และ β = 0.25 ตามภาคผนวก ข)

ขั้นตอนที่ 8 หาจุด Flooding Line

$\frac{L}{G}(\rho_G/\rho_L)^{1/2}$ = (6523.1 Kg/h)/(680.27 Kg/h)x[(0.505 Kg/m^3)/(993.5Kg/m^3)]$^{1/2}$

= 0.216

$\frac{(G^2.F.\psi.\mu^{0.2})}{(\rho_G.\rho_L.g_c)}$ = (680.27x2.205/0.0929/3.281^2/3600lb/s.ft^2)^{2}x115x(0.8cP)$^{0.2}$/ [(0.505x2.205/3.281^{3}lb/ft^3)(993.5x2.205/3.281^{3}lb/ft^3)(32.2)]

= 0.303

(เพราะว่า F = 115 ตามภาคผนวก ข และ ψ = 1)
จากภาคผนวก ข พบว่า ค่าปฏิบัติการที่ได้ออกแบบไว้อยู่ต่ำกว่าเส้น Flooding Line

ขั้นตอนที่ 9 คำนวณหาประสิทธิภาพการดักจับอณุภาคฝุ่น

จากทฤษฎี Contact Power ได้ว่า

P_G = 0.157 (0.54 in water) = 0.0851 hp/1000 ACFM

P_L = 0.583 (29 psi)(13.35 x 4.4 gpm)/ (2050.96 x 3.281^3/60 ft^3/min) = 0.8228 hp/1000 ACFM

P_T = 0.0851+0.8228 = 0.9080 hp/1000 ACFM

จาก ภาคผนวก ค ถือว่าอนุภาคฝุ่นมีลักษณะสมบัติใกล้เคียงกับ Talc Dust ได้ว่า

α = 2.97 , β = 0.362

$Nt = 2.97\ (0.9080)^{0.362} = 3.106 = \ln[1/(1-\eta)]$

$\eta = (e^{3.106}-1)/(e^{3.106}) = 0.9432$

นั่นคือประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นเท่ากับ 94.32 %

ขั้นตอนที่ 10 คำนวณหาขนาดของ demister

$V = 0.107\left\{[(993.5\ Kg/m^3)-(0.902\ Kg/m^3)]/(0.902\ Kg/m^3)\right\}^{1/2}$

$= 3.55\ m/s$

$A = (2050.96/3600 m^3/s)/(3.55\ m/s)$

$= 0.161\ m^2$

$D_d = [(4/\pi)(0.161 m^2)^{1/2} = 0.452\ m$

ขั้นตอนที่ 11 คำนวณความสูงทั้งหมดของหอสัมผัส

จากเกณฑ์การออกแบบระบบกำจัดฝุ่น ต้องการ residence time = 1 sec ที่ Normal Condition

$h = (1\ S)(1024 / 3600\ Nm^3/S)/(0.196\ m^2)$

$= 1.5\ m$

3.4.2) การคำนวณหาขนาดของปั๊มป์

จุดประสงค์ : หาขนาดของปั๊มป์ อัตราการไหลและ head ที่ต้องการ ชนิดของปั๊มป์ ที่เลือกให้ใช้พื้นที่ค่อนข้างจำกัด

อัตราการไหล : 13.4 m^3/h

head : จากคำนวณความดันลดในท่อและจากค่าความดันลดของหัวฉีดละออง (28) ซึ่งเท่ากับ 26 m.water

การคำนวณ : จากภาคผนวก ซ โดยใช้สมการของ Fanning ในการคำนวณหาความดันลดของน้ำภายในท่อ

3.4.3) <u>การคำนวณหาขนาดของถังน้ำ</u>

จุดประสงค์ : หาขนาดถังน้ำซึ่งพอเพียงต่อการปฏิบัติงาน

เกณฑ์การคำนวณ : .ใช้ residence time =.8min. เป็นตัวกำหนดและพื้นที่ที่ใช้ให้เหมาะสมรวมทั้งขนาดของอุปกรณ์อื่นๆที่ติดตั้งอยู่บนถัง

อัตราของความกว้างxยาวxสูง = 1:1.5~2.0 :1

การคำนวณ : ปริมาตรที่ต้องการ, V = (8 min) (13.4 / 60 m^3 / min) = 1.8 m^3

ความกว้าง x ยาว x สูง = 1m x 1.8 m x 1 m

3.4.4) <u>การคำนวณขนาดของถังปฏิกรณ์</u>

จุดประสงค์ : หาขนาดของถังปฏิกรณ์ จำนวนอาโนด (ท่อ) ที่ต้องการ

สมมติฐาน : กำหนดให้ Space Velocity = 120 h^{-1} ที่ Normal flow rate

ประสิทธิภาพการกำจัด 80 %

ขนาดของท่อ 1" x 3000 mm

การคำนวณ :

อัตราการไหล = (1741.8 x (273.15) / (2731.15 + 150) Nm^3/h) = 1124 Nm^3/h

ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = (1124 / 120 m^3) = 9.37 m^3

จำนวนท่อที่ใช้ = (9.37 x 4/ π/(25.4 x 10^{-3})^2/3) = 6164 ท่อ

การจัดวางท่อ = 60° , PITCH 1 $\frac{1}{4}$"

เส้นผ่านศูนย์กลางของถังปฏิกรณ์ จากภาคผนวก ญ ถังปฏิกรณ์เส้นผ่านศูนย์กลาง

= 2.8 m จะสามารถบรรจุท่อจำนวน 6800 ท่อ

3.4.5) <u>การคำนวณเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าตรง</u>

จุดประสงค์ : ขยายขนาดของขนาดที่ใช้ในการทดลองให้เหมาะสมกับระบบ

สมมติฐาน : การหาปริมาณกระแสไฟฟ้าตรงแรงดันสูง จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จะทำการขยายส่วนโดยถือว่า ปริมาณกระแสไฟฟ้าตรงแรงดันสูงนี้แปรผันโดยตรงกับอัตราการไหลของก๊าซทิ้ง จากข้อมูลของเอนก (1) พบว่าที่อัตราการไหล 190 m^3/h ต้องการหาปริมาณกระแส

การคำนวณ : กระแสไฟฟ้าตรงที่ต้องการ = (1124Nm^3/h)/(190 m^3/h)

= 5.9 = 6 เท่า

จากข้อมูลของผู้ผลิต (29) พบว่าเป็นการยากในการผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ที่กำหนด (6 x 0.4 = 2.4 A) เนื่องจากขนาดของอุปกรณ์วงจร จะมีขนาดใหญ่มาก ต้องทำการออกแบบวงจรใหม่ทั้งหมด หรืออาจไม่สามารถผลิตได้ตามต้องการ

ดังนั้นจึงใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมด 6 เครื่อง ในการบำบัดก๊าซทิ้ง รวมทั้งเครื่องสำรองอีก 1 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องจะให้ค่ากระแสไฟฟ้าตรงที่ 0.4 A และความต่างศักย์ 5 KV

3.4.6) <u>การคำนวณขนาดของพัดลม</u>

อัตราการไหลที่ต้องการ = 6708 m^3/h = 6708 x (273.15 / 327.9) = 5589 Nm^3/h

ความดันสูญเสียทั้งหมด = 200 mmAq (ตามการคำนวณภาคผนวก ฌ)

จากข้อมูลของผู้ผลิตพบว่า ขนาดของพัดลมที่ได้เป็นไปตามข้อมูลของผู้ผลิต National (26)

ขนาดของมอเตอร์ = 7.5 kw