

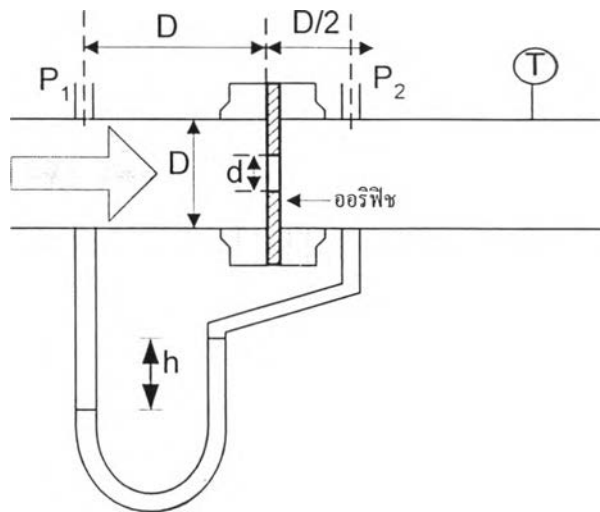
รายการอ้างอิง

1. Strauss, W. Industrial gas cleaning. New York. Pergamon press, 1966
2. Nancy J. Sell, Industrial pollution control. New York, Litton Education, 1981.
3. Paul N. Cheremisinoff, Richard A. Young, Air pollution control and design handbook. part 1. New York, Marcel Dekker, 1977.
4. Louis Theodore, Anthony J. Buonicore. Air pollution control equipment, Volume 1 Particulates. Boca Raton. Crc press, 1988
5. Wark, K., and Warner, C.F. Air pollution: its origin and control. New York. Harper & Rowpublishers, 1976.
6. Richard C. Flagan, John H. Seinfeld, Fundamental of air pollution engineering. New Jersey, Prentice Hall, 1988
7. Rao, C.S. Environmental pollution control engineering. John Wiley & Sons, Inc., 1991
8. Robert H. Perry and Don Green. Perry's Chemical Engineers' Handbook. New York, McGraw-Hill, 1984.
9. Willbert F. Stoecker and Jerold W. Jones, Refrigeration & Air conditioning. Singapore, McGraw-Hill, 1982.
10. Crawford, M. Air pollution control theory. New York, McGraw-Hill, 1976.
11. Dorman, R.G. Dust control and air cleaning. New York. Pergamon press, 1974.
12. Gosline, C.A., and Lapple, C.A. Dust and mist collection. Air pollution abatement manual, manufacturing chemists's association, 1951.
13. Howard E. Hesketh, Air pollution control: Tradition and Hazardous pollutants. Pennsylvania. Technomic publishing company, 1991.
14. Price, Ross and Davidson, Report on business and environment. New York, McGraw-Hill, 1972.
15. วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล, ชีระ เกรอด, มลภาวะอากาศ. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ภาคผนวก ก

การหาอัตราการไหลของแก๊ส

การวัดอัตราการไหลของแก๊สในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบ ออริฟิซ (Orifice plate) ซึ่งค่าความดันลดของแก๊สที่ผ่านแผ่นออริฟิซนี้สามารถอ่านได้จากความสูง แตกต่างของระดับของของเหลวในมานอมิเตอร์ รูปตัว U โดยมีหลักการพิจารณาดังนี้



รูปที่ ก-1 แสดงระบบการวัดค่าอัตราการไหลโดยใช้แผ่นออริฟิซ แบบ D, D/2 tapping

จากสมการของเบอร์นูลลี (Bernoulli's equation) เมื่อเปรียบเทียบจุดวัดที่ 1 และจุดวัดที่ 2 ดัง แสดงในรูปที่ ก-1 จะได้ว่า

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad (ก-1)$$

- เมื่อ
- v_1 = ความเร็วของของไหลที่จุดที่ 1; m/s
 - v_2 = ความเร็วของของไหลที่จุดที่ 2; m/s
 - P_1 = ความดันของของไหลที่จุดที่ 1; N/m²
 - P_2 = ความดันของของไหลที่จุดที่ 2; N/m²
 - Z_1 = ระดับความสูง ณ จุดศูนย์กลางของท่อ ที่จุดที่ 1 จาก reference datum; m

Z_2 = ระดับความสูง ณ จุดศูนย์กลางของท่อ ที่จุดที่ 2 จาก reference datum; m

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก; m/s^2

γ = ค่า specific weight ของของไหล; $kg/m^2 \cdot s^2$

จากรูปที่ (ก-1) เนื่องจากระดับ $Z_1 = Z_2$ ดังนั้นจากสมการที่ (ก-1) จะได้

$$\frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g} \quad (ก-2)$$

เนื่องจากสภาพการไหลของของไหลในท่อเป็นการไหลแบบต่อเนื่อง (continuity flow) ดังนั้นปริมาณการไหลของของไหลที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดใดๆของท่อ เมื่อพิจารณาที่จุดที่ 1 และจุดที่ 2 จากรูปที่ (ก-1) พิจารณาตาม continuity equation และจาก conservation of mass เมื่อของไหลนั้นเป็น incompressible fluid ดังนั้น

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (ก-3)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตร (volume flow rate); m^3/s

A_1 = พื้นที่หน้าตัด ที่จุดที่ 1 (ที่เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ = D); m^2

A_2 = พื้นที่หน้าตัด ที่จุดที่ 2 (ที่เส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิซ = d); m^2

จากสมการที่ (ก-3) จะได้; $v_1 = \frac{A_2 v_2}{A_1}$ (ก-4)

จากสมการที่ (ก-2) จะได้; $v_2^2 - v_1^2 = \frac{2g}{\gamma}(P_1 - P_2)$ (ก-5)

แทนค่าสมการที่ (ก-4) ลงในสมการที่ (ก-5) จะได้

$$v_2 = \sqrt{\frac{\left[\frac{2g}{\gamma}(P_1 - P_2) \right]}{1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2}} \quad (ก-6)$$

นำสมการที่ (ก-6) แทนค่าลงในสมการที่ (ก-3) จะได้

$$Q = A_2 \times \sqrt{\left[\frac{(2g/\gamma)(P_1 - P_2)}{1 - (A_1/A_2)^2} \right]} \quad (\text{ก-7})$$

จากสมการที่ (ก-7) อัตราการไหลเชิงปริมาตร (volume flow rate) ที่คำนวณได้นี้เป็นการคำนวณอัตราการไหลเชิงปริมาตรในทางทฤษฎีเท่านั้น ในทางปฏิบัติจริงแล้วจะมีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีเนื่องจากความเสียดทานที่ต่อต้านการไหลของของไหลนั้น ดังนั้นจึงต้องมีสัมประสิทธิ์อีกตัวหนึ่งมาคูณเข้าไป เพื่อให้ได้ค่าอัตราการไหลที่แท้จริง ซึ่งสัมประสิทธิ์ตัวนี้เรียกว่า “ค่า discharge coefficient”; (C_d) สามารถหาได้จาก

$$C_d = \left(\frac{Q_{\text{actual}}}{Q_{\text{ideal}}} \right) \quad (\text{ก-8})$$

หรืออาจหาได้จากตารางที่แสดงค่า discharge coefficient; (C_d) สำหรับ D, D/2 tapping orifice ทั้งนี้จะต้องทราบค่าอัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ; (β) และค่า Reynolds' number; (Re) ของของไหลนั้น

โดยที่ $\beta = d/D$ (ก-9)

เมื่อ β = อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ; ไม่มีหน่วย

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นออริฟิซ; m.

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ; m.

และ $Re = \frac{\rho v_2 d}{\mu}$ (ก-10)

เมื่อ Re = ค่า Reynolds' number ของของไหล; ไม่มีหน่วย

ρ = ความหนาแน่นของของไหล; kg/m^3

μ = ความหนืดของของไหล; Pa.s

จากสมการที่ (ก-9) นำไปแทนในสมการที่ (ก-3) จะได้

$$Q = A_2 \times \sqrt{\left[\frac{(2g/\gamma)(P_1 - P_2)}{1 - \beta^4} \right]} \quad (\text{ก-11})$$

จากสมการที่ (ก-11) นำไปแทนค่าในสมการที่ (ก-8) จะได้

$$Q_{\text{actual}} = C_d A_2 \times \sqrt{\left[\frac{(2g/\gamma)(P_1 - P_2)}{1 - \beta^4} \right]} \quad (\text{ก-12})$$

จัดรูปสมการที่ (ก-12) ใหม่ ได้เป็น

$$Q = \frac{[C_d A_2]}{\sqrt{1 - \beta^4}} \times \sqrt{2gh} \quad (\text{ก-13})$$

เมื่อ
$$h = \frac{P_1 - P_2}{\gamma}$$

Bernoulli ได้มีการพิจารณาความเร็วของของไหล (Velocity head) ให้สัมพันธ์กับค่าความดันเนื่องจากความเร็ว (Velocity Pressure) ที่วัดได้จากความสูงแตกต่างของของไหลในमानometer รูปตัว U โดยพิจารณาจาก

$$h = \frac{v^2}{2g} \quad (\text{ก-14})$$

เมื่อ h = velocity head; m.of air column
 v = ความเร็วของของไหล; m/s

เมื่อค่า velocity head; (h) แสดงอยู่ในรูปของความดันเนื่องจากความเร็ว (Velocity Pressure) ในหน่วย mm.H₂O ดังนั้นจากสมการที่ (ก-14) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$VP = \frac{v^2}{2g} \quad (\text{ก-15})$$

เมื่อ VP = ความดันเนื่องจากความเร็ว (Velocity Pressure); mm.H₂O

ที่สภาวะมาตรฐาน; ความหนาแน่นของอากาศ; $\rho_{\text{air}} = 1.2 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของน้ำ; $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

จะได้ค่า specific gravity of air = $\rho_{\text{air}} / \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 0.0012$

เมื่อเทียบค่าด้วย Anemometer จะได้ว่า ที่ 1 m.of air column = 1.2 mm.of H₂O

จากสมการที่ (ก-15) สมการเขียนได้เป็น

$$v = 4.0435\sqrt{(VP)} \quad (\text{ก-16})$$

จากสมการที่ (ก-14) จะได้

$$v = \sqrt{2gh} = 4.0435\sqrt{(VP)} \quad (\text{ก-17})$$

แทนค่าสมการที่ (ก-17) ลงในสมการที่ (ก-13) จะได้

$$Q = \frac{C_d A_2}{\sqrt{(1-\beta^4)}} \times (4.0435\sqrt{(VP)}) \quad (\text{ก-18})$$

เมื่อ $Q =$ อัตราการไหลเชิงปริมาตร; m^3/s

จากค่าความดันเนื่องจากความเร็ว (Velocity Pressure) ที่อ่านค่าได้จากความสูงแตกต่างของของเหลวในมานอมิเตอร์รูปตัว U พิจารณาให้อยู่ในรูปความดันของของไหล (Static pressure head) ได้จาก

$$\Delta P = \rho g \Delta h \quad (\text{ก-19})$$

เมื่อ $\Delta P =$ ความดันของไหล; N/m^2

$\Delta h =$ Static pressure head; m. of air column

ที่สภาวะมาตรฐาน; 1 meter of air column = 1.2 mm. of H₂O

ดังนั้นจากสมการที่ (ก-19) จะได้

$$\Delta P = (\rho_w - \rho_a)g \times \left(VP \times \frac{1}{1.2} \right) \quad (\text{ก-20})$$

$$\Delta P = 8165.2(VP)$$

เมื่อ ρ_w = ความหนาแน่นของของเหลวที่บรรจุอยู่ในมานอมิเตอร์; kg/m³
 ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศเหนือของเหลวในมานอมิเตอร์;
 VP = ความดันเนื่องจากความเร็ว (Velocity Pressure); mm. of H₂O

ดังนั้นสมการที่ (ก-18) เป็นสมการที่จะใช้คำนวณหาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของของไหล ณ บริเวณทางเข้าและทางออกของกล่องดักอนุภาค ดังแสดงในตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

หมายเหตุ เพื่อความสะดวกในการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบออริฟิซ (orifice plate) สามารถพิจารณาการออกแบบได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่มีชื่อว่า 'Foxboro Flowmeter Product Selection Guild' ดังแสดงในภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

จากการทดลองเผามูลฝอยประเภทกระดาษในอัตรา 25 kg/hr จำนวนถาด 25 ชั้น ที่ความเร็วสูงสุด ได้ผลการทดลองดังนี้

ค่าจากการทดลอง ตำแหน่ง	อุณหภูมิเฉลี่ย ของแก๊ส; (°C)	ค่าความดันเนื่องจากความเร็ว VP _{av.} ; (mm. of H ₂ O)
ทางเข้าเครื่องดักอนุภาค	224	32

พิจารณาที่บริเวณทางเข้าของเครื่องดักอนุภาค ซึ่งมีข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1.) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทางเข้า; (ID)_i = 127 mm.
- 2.) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นออริฟิซ; (d)_i = 56 mm.
- 3.) อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทางเข้า; (β) = 0.444
- 4.) ค่า discharge coefficient; (C_d) = 0.6101

จากรูปที่ ก-1 สามารถหาพื้นที่หน้าตัดที่จุด 2; $(A_2)_i$ ได้ดังนี้

$$(A_2)_i = \frac{\pi}{4}(d)^2 = 0.00246$$

จากสมการที่ (ก-17) หาค่าความเร็วของแก๊ส; $(v)_i$ ได้ดังนี้

$$v_i = 4.0435\sqrt{(VP)}$$

$$v_i = 4.0435\sqrt{(32)} = 22.87 \text{ m/s}$$

จากสมการที่ (ก-18) หาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตร; (Q) ได้ดังนี้

$$Q = \frac{C_d A_2}{\sqrt{(1-\beta^4)}} \times (4.0435\sqrt{(VP)})$$

$$Q = 0.0350 \text{ m}^3 / \text{s}$$

จากสมการที่ (ก-20) สามารถหาค่าความดันของแก๊สร้อนได้ดังนี้

$$\Delta P = (8165.2 \times 32)$$

$$= 261.29 \text{ kPa.}$$

กำหนดให้ แก๊สร้อนอยู่ในสภาวะ Ideal gas;

ดังนั้นค่า gas constant of air ; $R = 0.287 \text{ kPa.m}^3/(\text{kg.K})$

จากความสัมพันธ์ของ Ideal gas mixture สามารถหาค่าปริมาตรจำเพาะ (special volume; V) ของแก๊สร้อน ได้จาก

$$PV = RT \quad (\text{ก-21})$$

เมื่อ P = ความดันของแก๊สร้อน; kPa

V = ปริมาตรจำเพาะ (specific volume) ของแก๊สร้อน; m^3/kg

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์เฉลี่ยของแก๊สร้อน; K

R = ค่า gas constant of air = $0.287 \text{ kPa.m}^3/(\text{kg.K})$

ที่บริเวณทางเข้าเครื่องดักอนุภาคแก๊สร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ย = $224 \text{ }^\circ\text{C} = 497 \text{ K}$

แทนค่าลงในสมการที่ (ก-21) จะได้

$$PV = RT$$

$$261.29 V = 0.287 \times 497$$

$$\therefore V = 0.5459 \text{ m}^3/\text{kg}$$

พิจารณาค่าความหนาแน่นของแก๊สร้อน ได้จากความสัมพันธ์

$$\rho = \frac{1}{V} = \frac{1}{0.5459} = 1.83 \text{ kg/m}^3$$

ดังนั้นพิจารณาค่าอัตราการไหลเชิงมวล (mass flow rate) ของแก๊สร้อน ได้ดังนี้

$$\text{จาก} \quad m = \rho_g Q \quad (\text{ก-22})$$

เมื่อ m = อัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สร้อน; kg/

ρ_g = ความหนาแน่นของแก๊สร้อน; kg/m³

Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สร้อน; m³/s

แทนค่าลงในสมการที่ (ก-22) จะได้ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สร้อนมีค่าเท่ากับ

$$m = 1.83 \times 0.0350$$

$$= 0.06 \text{ kg/s}$$

\therefore ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สร้อนจากการเผาผลาญประเภทกระดาษ ในอัตรา 25 kg/hr ที่ความเร็ว 22.87 m/s มีค่าเท่ากับ 0.06 kg/s

การคำนวณหาค่าความเข้มข้นของอนุภาคในแก๊สไอเสีย คำนวณจากสมการ

$$\text{อัตราการไหลของแก๊ส} \quad Q = V/t$$

$$\text{ดังนั้นปริมาตรของแก๊ส} \quad V = Qt$$

ที่อุณหภูมิเข้าของแก๊สร้อนเท่ากับ 224 °C

$$\text{ปริมาตรของแก๊สร้อนในเวลา 75 นาที} = 0.0350 \times 75 \times 60$$

$$= 157.55 \text{ m}^3$$

คำนวณปริมาตรของแก๊สที่อุณหภูมิ 25 °C ได้จากสมการ

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$V_2 = V_1 T_2 / T_1$$

$$= 157.55 \times (298/497)$$

$$\therefore V_2 = 94.49 \text{ m}^3$$

จากมวลของอนุภาคที่แผ่นกรองเก็บได้ใน 75 นาที (ที่ความเร็วแก๊ส 22.87 m/s จำนวนถาด 25 ชั้น) มีค่าเท่ากับ 16.072 g คำนวณหาค่าความเข้มข้นของอนุภาคในแก๊สไอเสียได้จาก

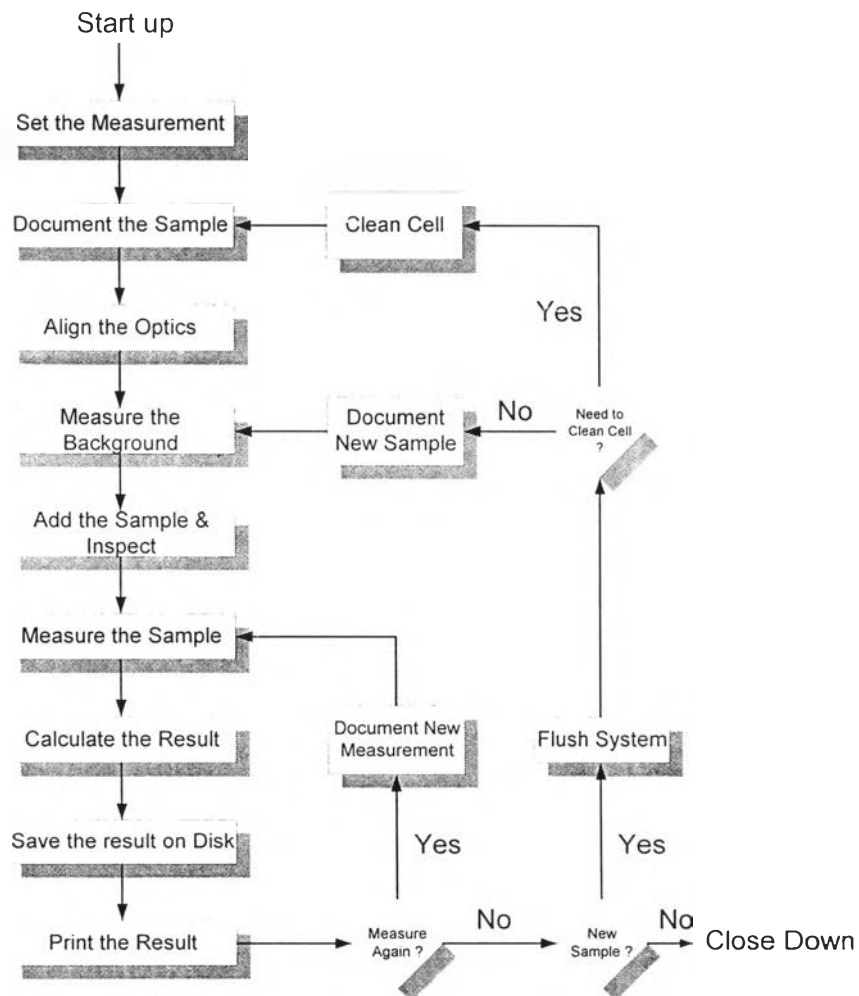
$$\rho_p = m/V = 16.072 / 94.49$$

$$\therefore \rho_p = 170.10 \text{ mg/m}^3$$

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคในแก๊ส

ในการออกแบบกล่องดักอนุภาคเพื่อลดปริมาณอนุภาคในแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ กิ่งดักอนุภาคแต่ละขนาดจะมีความสามารถในการดักเก็บอนุภาคที่ดีที่สุดในช่วงขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถนำเอาอนุภาคที่กล่องดักอนุภาคดักเก็บได้ส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์หาการกระจายขนาดของอนุภาค ที่มีชื่อว่า 'MASTERSIZER S' โดยเครื่องนี้มีขั้นตอนในการทำงาน ดังรูปที่ ข-1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาค



รูปที่ ข-1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาค

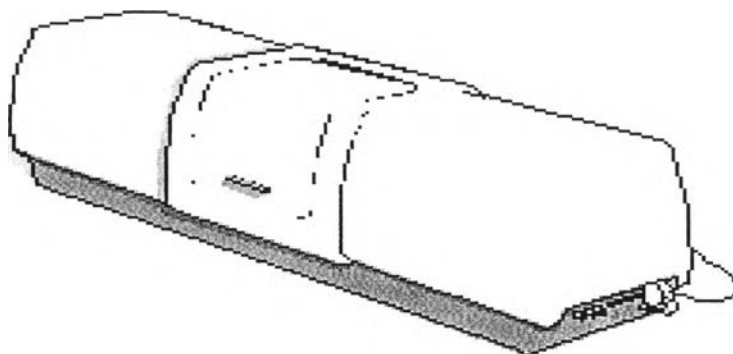
การวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาค ทำได้โดยการใช้เครื่องมือวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาค ซึ่งอาศัยหลักการตกกระทบของแสงบนอนุภาคที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีลำแสงส่องผ่าน ผลของการตกกระทบของแสงบนอนุภาคขนาดต่างๆกัน จะมีการรายงานผลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของช่วงขนาดอนุภาคนั้นๆ ในจำนวนของอนุภาคทั้งหมดที่มีอยู่ในขณะนั้น

เครื่องมือวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคดังกล่าว มีชื่อว่า ‘ MASTERSIZER ’ ตั้งอยู่ที่ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

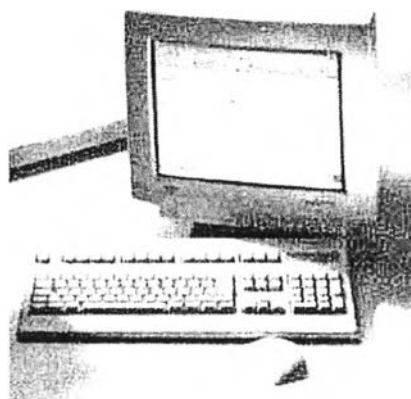
1. ส่วนป้อนตัวอย่างของอนุภาคที่ต้องการวิเคราะห์การกระจายขนาด (Small volume sample - presentation unit) รูปที่ ข-2
2. ส่วนกำเนิดแสงและวัดการตกกระทบของแสงบนอนุภาค (Mastersizer optical measurement - unit) รูปที่ ข-3
3. ส่วนประมวลผลและส่วนแสดงผล (Computer system) รูปที่ ข-4
4. ส่วนคำนวณผลด้วยคอมพิวเตอร์ (Malvern operating software) เป็นส่วนที่รับข้อมูลจากส่วนประมวลผลมาแสดง โดยใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ที่มีชื่อว่า ‘ Malvern Mastersizer ’ มาช่วยในการคำนวณและแสดงผลให้ชัดเจนยิ่งขึ้น



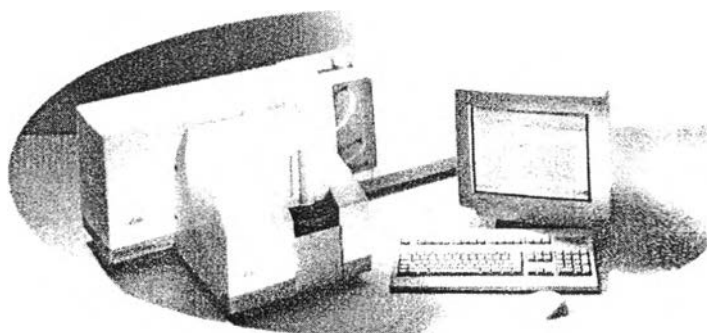
รูปที่ ข-2 แสดงส่วนป้อนตัวอย่างของอนุภาค
(Small volume sample presentation unit)



รูปที่ ข-3 แสดงส่วนกำเนิดแสงและวัดการตกกระทบของแสงบนอนุภาค
(Mastersizer optical measurement unit)



รูปที่ ข-4 แสดงส่วนประมวลผลและแสดงผล (Computer system)



รูปที่ ข-5 แสดงเครื่องมือวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคโดยรวม (Mastersizer system)

สำหรับการเตรียมตัวอย่างอนุภาคที่จะใช้วิเคราะห์หาการกระจายขนาดของอนุภาคนั้นจะใช้วิธีผสมกับน้ำกลั่นหรือน้ำสะอาดในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้ แล้วจึงทำการเปิดเครื่องปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

STEP 1

- 1) เปิดสวิทช์ที่ส่วนประมวลผลและแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ที่มีชื่อว่า ‘ Malvern Mastersizer ’
- 2) เปิดสวิทช์ที่ส่วนกำเนิดแสงและวัดการตกกระทบของแสงบนอนุภาค

STEP 2

- 1) เติมน้ำกลั่นลงใน chamber รูปกรวยให้สูงเกินกว่าท่อโลหะ chamber ประมาณ 1.0 นิ้ว
- 2) เปิดสวิทช์ในส่วนป้อนตัวอย่างของอนุภาคใล่อากาศในท่อออกให้หมดแล้วปิด จากนั้นเปิดสวิทช์อีกครั้ง เพื่อใล่อากาศออกให้หมด

STEP 3

- 1) เมื่อคอมพิวเตอร์แสดงผลบนหน้าจอเป็น ‘ Malvern Mastersizer ’ แสดงว่า ส่วนประมวลผลและแสดงผลพร้อมที่จะเริ่มทำการคำนวณ
- 2) เลือกคำสั่ง ‘ SET UP ’ บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยการ click mouse button เพื่อทำการตั้งค่าตัวเลือกต่างๆ แล้วเลือกคำสั่ง ‘ START ’ ด้วยการ click mouse button อีกครั้ง เพื่อการวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคในตัวอย่างนั้นด้วยโปรแกรมซอฟต์แวร์ ที่มีชื่อว่า ‘ Malvern Mastersizer ’

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่ต้องการ ‘ SET UP ’ ใหม่ก็ให้ข้าม STEP 3 ไปเลยเครื่องจะใช้ข้อมูล ‘ SET UP ’ ที่เก็บไว้ล่าสุด

STEP 4

- 1) เลือกคำสั่ง ‘ #RUNS ’ บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยการ click mouse button แล้วจึงเลือกจำนวนครั้งที่จะให้ run ซ้ำในตัวอย่างหนึ่ง
- 2) กดปุ่ม ‘ F12 ’ เพื่อเก็บค่าตัวเลือกที่ต้องการไว้ในหน่วยความจำ
- 3) เลือกคำสั่ง ‘ Set up - Analysis ’ บนจอคอมพิวเตอร์ด้วยการ click mouse button เครื่องจะทำการ Set up - Analysis และพร้อมที่จะทำงาน

4) นำตัวอย่างของอนุภาคผสมกับน้ำกลั่นในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้กวนให้ทั่ว แล้วจึงค่อยๆ เทลงใน recirculator จนถึงระดับที่ต้องการ ซึ่งบนหน้าจอจะแสดงข้อความ ' Instrument ready '

5) กดปุ่ม 'Ctrl' พร้อมปุ่ม 's' เครื่องจะทำการวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคทันที

หมายเหตุ ในการเปลี่ยนตัวอย่างของอนุภาคทุกครั้งต้องมีการทำความสะอาดส่วนป้อนตัวอย่างของอนุภาคก่อนทุกครั้งและกดปุ่ม 'Ctrl' พร้อมกับปุ่ม 'c' เพื่อให้ระบบคอมพิวเตอร์ทำการ clear ข้อมูลโดยอัตโนมัติ

สำหรับการแสดงผลทางการวิเคราะห์ผลการกระจายขนาดของอนุภาคจะรายงานออกมาทั้งทางจอภาพและทางเครื่องพิมพ์ซึ่งจะมีรูปแบบการรายงานผลการวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาค (Analysis reports) แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนแสดงรายละเอียดของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (Sample Details)
2. ส่วนแสดงรายละเอียดของระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ (System Details)
3. ส่วนแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Result Statistics)
4. ส่วนแสดงตารางผลการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาค (Histogram Result Table)
5. ส่วนแสดงกราฟความสัมพันธ์การวิเคราะห์ขนาดของอนุภาค (Histogram Graph)

1. ส่วนแสดงรายละเอียดของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (Sample Details)

Sample Details		
Sample ID: sample2	Run Number: 5	Measurement Date: Fri, Jan 15, 1999 9:58AM
Sample File: R00KAC	Record Number: 20	Analysis Date: Fri, Jan 15, 1999 9:58AM
Sample Path: A1		Result Source: Analyzed
Sample Notes: Test by Pranee Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University Liquid medium: WATER		

Sample Details : date and time of day accompany printout of each run and sample information. If the result has been saved the sample file and record information is displayed. The resource term indicated the state and origin of the result.

2. ส่วนแสดงรายละเอียดของระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ (System Details)

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS17	Obscuration: 23.3 %
Presentation: 30HD	[Particle R.I. = (1.5285, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]		Residual: 0.210 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: Active -	Killed Data Channels: Low 0; High 2		

System Details : shows the system set up for the measured data, the laser beam obscuration, the analysis mode and the presentation used in the analysis. The residual of the

analysis is displayed. If any form of result modifications is applied, the details of the modification is displayed.

3. ส่วนแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Result Statistics)

Distribution Type: Volume		Concentration = 0.0633 %Vol		Density = 1.000 g / cub. cm		Specific S.A. = 0.5858 sq. m / g	
Mean Diameters:		D (v, 0.1) = 14.78 um		D (v, 0.5) = 124.89 um		D (v, 0.9) = 503.52 um	
D [4, 3] = 199.71 um		D [3, 2] = 10.24 um		Span = 3.913E+00		Uniformity = 1.219E+00	

Result Statistics : comprises the value, in microns, at any three percentile points, the mean diameter of volume distribution (MV), the calculated specific surface area (SSA), in m²/g, and a value for total range span of the Mastersizer Analyzer is deviced into range 'sizes', or spans of progressively greater width. Printed values of volume weighted mean; the surface weighted mean diameter standard deviation are optional.

<u>remark</u>	D (v, 0.1)	=	10 th Percentile
	D (v, 0.5)	=	50 th Percentile
	D (v, 0.9)	=	90 th Percentile
	D [4,3]	=	the volume weighted mean diameter
	D [3,2]	=	the surface weighted mean diameter

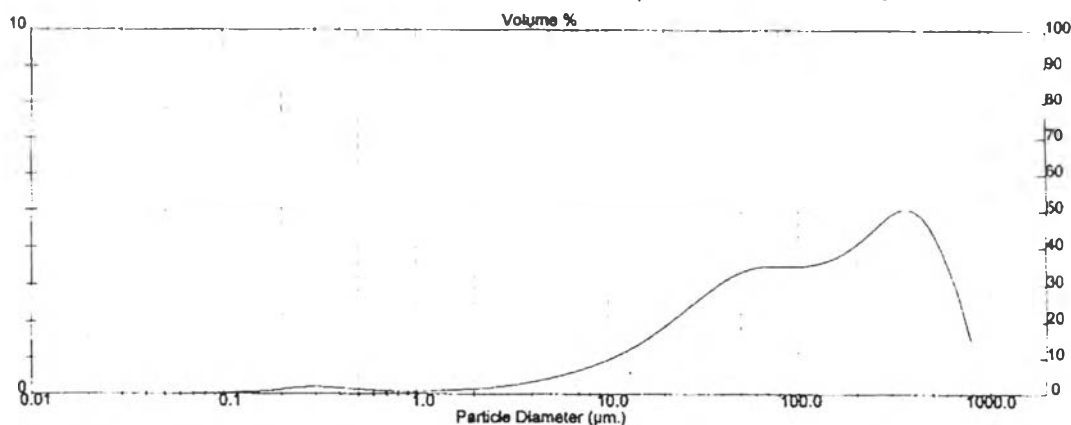
4. ส่วนแสดงตารางผลการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาค (Histogram Result Table)

Size_Low (um)	in %	Size_High (um)	Under%	Size_Low (um)	in %	Size_High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.83	0.87	7.72	5.80
0.06	0.01	0.07	0.02	7.72	0.79	9.00	8.39
0.07	0.02	0.08	0.03	9.00	0.63	10.48	7.32
0.08	0.02	0.09	0.06	10.48	1.08	12.21	8.40
0.09	0.03	0.11	0.09	12.21	1.26	14.22	9.65
0.11	0.04	0.13	0.13	14.22	1.48	16.57	11.11
0.13	0.06	0.15	0.19	16.57	1.69	19.31	12.80
0.15	0.08	0.17	0.27	19.31	1.94	22.49	14.74
0.17	0.11	0.20	0.38	22.49	2.21	26.20	16.95
0.20	0.15	0.23	0.53	26.20	2.48	30.53	19.43
0.23	0.18	0.27	0.71	30.53	2.75	35.56	22.19
0.27	0.20	0.31	0.92	35.56	3.00	41.43	25.19
0.31	0.19	0.36	1.11	41.43	3.21	48.27	28.40
0.36	0.17	0.42	1.28	48.27	3.37	56.23	31.76
0.42	0.15	0.49	1.42	56.23	3.46	65.51	35.22
0.49	0.13	0.58	1.55	65.51	3.49	76.32	38.71
0.58	0.10	0.67	1.65	76.32	3.48	88.91	42.20
0.67	0.09	0.78	1.74	88.91	3.46	103.58	46.89
0.78	0.06	0.91	1.82	103.58	3.51	120.87	49.20
0.91	0.06	1.06	1.90	120.87	3.56	140.58	52.78
1.06	0.09	1.24	1.99	140.58	3.70	163.77	56.49
1.24	0.10	1.44	2.09	163.77	3.89	190.80	60.38
1.44	0.11	1.68	2.20	190.80	4.13	222.28	64.51
1.68	0.13	1.95	2.33	222.28	4.42	258.85	68.89
1.95	0.15	2.28	2.48	258.85	4.74	301.88	73.66
2.28	0.18	2.65	2.64	301.88	4.97	351.48	78.86
2.65	0.22	3.09	2.88	351.48	5.00	408.45	83.65
3.09	0.27	3.60	3.15	408.45	4.77	477.01	88.42
3.60	0.33	4.19	3.48	477.01	4.25	555.71	92.67
4.19	0.40	4.88	3.88	555.71	3.49	647.41	96.16
4.88	0.48	5.69	4.36	647.41	2.50	754.23	98.87
5.69	0.67	6.63	4.93	754.23	1.33	878.87	100.00

Histogram Result Table and Report : the analysis result table and report the calculated size band values and distribution result values. Depending on the form of the distribution being displayed in the result graph, the values of the distribution listed can be in the band, under-size or

over-size values. Histogram data (“ Volume In % ”: percent of total volume represented by each size band), the size is identified by printing its lower and upper limit, in microns, with cumulative and histogram values on the same line.

5. ส่วนแสดงกราฟความสัมพันธ์การวิเคราะห์ขนาดของอนุภาค (Histogram Graph)



A Histogram Graph : depending on the number of size bands used in generating the sizes.

The scale on the left of the result graph is for the in band Distribution and the Scale on the right is for under-size or over-size distributions.

การวิเคราะห์กราฟแสดงการกระจายขนาดของอนุภาคที่สภาวะต่างๆ

การเขียนกราฟเพื่อแสดงการกระจายขนาดของอนุภาคนั้น สามารถทำได้โดยการ plot ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของอนุภาคที่มีอยู่ในแต่ละช่วงขนาด (Size Interval) กับค่ากึ่งกลางของแต่ละขนาด (Geometric mean of the size band limits) นั้นๆ โดยที่พิจารณาค่ากึ่งกลางของแต่ละช่วงขนาดได้จากสมการ

$$\bar{d}_x = \sqrt{(d_l \times d_h)} \tag{ข-1}$$

- เมื่อ \bar{d}_x = ค่ากึ่งกลางของช่วงขนาดอนุภาคที่ x (Geometric mean of the size band limits) ; μm
- d_h =ขนาดสูงสุดของช่วงขนาดอนุภาคที่ x (Upper size diameter) ; μm
- d_l =ขนาดต่ำสุดของช่วงอนุภาคที่ x (Lower size diameter) ; μm

การรายงานผลการกระจายขนาดของอนุภาคจะรายงานอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ของปริมาณอนุภาคกับช่วงขนาดต่างๆ ดังแสดงในส่วนตารางแสดงผลการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาค (Histogram Result Table) ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

- a) Size Low หมายถึง ขนาดต่ำสุดของช่วงขนาดอนุภาคนั้นๆ มีหน่วยเป็น ไมครอน
- b) Size High หมายถึง ขนาดสูงสุดของช่วงขนาดอนุภาคนั้นๆ มีหน่วยเป็น ไมครอน
- c) In % หมายถึง เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของปริมาณอนุภาคที่มีอยู่ในช่วงขนาดอนุภาคนั้นๆ
- ตัวอย่างเช่น ที่ช่วงขนาดอนุภาค 7.72 - 9.00 ไมครอน มีเปอร์เซ็นต์ของปริมาณอนุภาคอยู่ 3.54% โดยปริมาตร ซึ่งหาได้จากค่า Under % ที่ช่วงขนาดอนุภาค 7.72 - 9.00 ไมครอน ซึ่งมีค่า = 16.13 % โดยปริมาตร ลบด้วยค่า Under % ที่ช่วงขนาดก่อนหน้านั้น คือ ช่วงขนาดอนุภาค 6.63 - 7.72 ไมครอน ซึ่งมีค่า = 12.59 % โดยปริมาตร (กล่าวคือ $16.13 - 12.59 = 3.54$ % โดยปริมาตร)
- d) Under % หมายถึง เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของปริมาณอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าช่วงขนาดของอนุภาคที่กล่าวถึง
- ตัวอย่างเช่น ที่ช่วงขนาดอนุภาค 7.72 - 9.00 ไมครอน มีค่า Under % อยู่ 16.13% โดยปริมาตร อาจกล่าวได้ว่า 16.13 % โดยปริมาตรของปริมาณอนุภาคสามารถผ่านตะแกรงขนาด 9.00 ไมครอนได้ดังนั้นจะเหลืออีก 83.87 % โดยปริมาตร ที่อนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 9.00 ไมครอน ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนขนาด 9.00 ไมครอน

ดังนั้นการเขียนกราฟเพื่อแสดงการกระจายขนาดของอนุภาคจึงต้องทำการ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของอนุภาคที่มีอยู่ในช่วงขนาดที่พิจารณา (In%) กับกึ่งกลางของช่วงขนาดอนุภาคที่พิจารณา (d_x) สำหรับค่ากึ่งกลางของช่วงขนาดอนุภาคที่พิจารณานั้นสามารถหาได้โดยใช้สมการที่ (ข-1) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ตัวอย่างเช่น ที่ช่วงขนาดของอนุภาค 7.72 - 9.00 ไมครอน จะมีค่ากึ่งกลางของช่วงขนาดอนุภาคเท่ากับ 8.34 ไมครอน ซึ่งจะนำไป plot กราฟคู่กับค่า In % ในช่วงขนาด 7.72 - 9.00 ไมครอน คือ 3.54 % โดยปริมาตร วิธีที่แสดงให้เห็นการเขียนกราฟแสดงการกระจายขนาดของอนุภาคอย่างง่าย ๆ คือ การเขียนกราฟแท่งโดยให้มีความกว้างของแท่งกราฟเท่ากับความกว้างของช่วงขนาดอนุภาคเท่ากับ 1.28 ไมครอน โดยหาได้จากการนำขนาดสูงสุดของช่วงอนุภาค (Size High) ซึ่งมีค่า = 9.00 ไมครอน ลบออกจากขนาดต่ำสุดของช่วงขนาดอนุภาค (Size Low) ซึ่งมีค่า = 7.72 ไมครอน และให้ความสูงของแท่งกราฟเท่ากับค่า In % ของช่วงขนาดอนุภาคที่พิจารณา เช่น ที่ช่วงขนาดของอนุภาค 7.72 - 9.00 ไมครอน จะมีค่า In % = 3.54 % โดยปริมาตร จาก

นั่นจึงลากเส้นระหว่างจุดยอดที่อยู่กึ่งกลางของกราฟแต่ละแท่งซึ่งจะได้กราฟแสดงการกระจายขนาดของอนุภาค ดังแสดงในผลการวิเคราะห์หาการกระจายขนาดของอนุภาคที่สภาวะต่างๆ

ภาคผนวก ก

การออกแบบเตาเผาชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว

การออกแบบเตาเผาที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้โดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดจะต้องคำนึงถึงปัจจัย ข้อมูล และหลักเกณฑ์ ดังนี้

1. คุณสมบัติของมูลฝอยที่สามารถเผาได้โดยใช้เตาเผา เช่น คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี
2. ปริมาณมูลฝอย ทำให้สามารถกำหนดขนาดของเตาเผาได้
3. ค่าความร้อน (heat value) ของมูลฝอยที่ต้องการเผา
4. สถานที่ตั้งของเตาเผา
5. การจัดเตรียมพื้นที่ในการกำจัดเศษจากการเผาไหม้ (residue) โดยการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill)

ห้องเผาไหม้ (combustion chamber) หมายถึง อาณาเขตที่มีการเผาไหม้ มีหลักการออกแบบเหมือนกับเตา (furnace) ผนังของห้องเผาไหม้จะเป็นอิฐทนไฟ (refractory material) หรือผนังแบบท่อน้ำ (water tube wall) เพื่อที่จะช่วยลดอุณหภูมิของเตาเผาและสามารถนำเอาไอน้ำไปใช้ประโยชน์ได้ การออกแบบห้องเผาไหม้ต่างๆ ไปจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับกระบวนการเผาไหม้ในเตาดังกล่าว โดยคำนึงถึงอุณหภูมิของแก๊สร้อนภายในเตาจะต้องมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 600 °C - 1000 °C เพื่อที่จะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิจุดติดไฟ (ignition temperature) ของมูลฝอยแต่ละชนิด

ตะแกรง (grate) ในเตาเผามูลฝอยเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งจะทำหน้าที่รองรับมูลฝอยภายในห้องเผาไหม้และยังช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ โดยจะให้อากาศผ่านขึ้นมายังด้านบนส่วนนี้ถ้าจะตกลงมาด้านล่างทำให้ไม่ปิดบังการเผาไหม้ สำหรับเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยวเป็นเตาขนาดเล็ก ทำการป้อนมูลฝอยด้วยแรงงานคนหรือเรียกว่า batch-operation จะใช้ตะแกรงชนิดอยู่กับที่ (stationary grates) ความสามารถของตะแกรงเตาเผามูลฝอย (grates capacity) สามารถหาได้จากสมการ

$$L_G = 10 \log R_G \quad (ก-1)$$

เมื่อ L_G = ภาระของตะแกรง ; lb/ft².hr

R_C = อัตราการเผามูลฝอย ; lb/hr

ดังนั้นสามารถหาพื้นที่ของตะแกรงห้องเผาไหม้ได้จากสมการ

$$A_G = R_C/L_G \quad (ค-2)$$

เมื่อ A_G = พื้นที่ของตะแกรงห้องเผาไหม้ ; ft²

ส่วนความสูงของห้องเผาไหม้สามารถหาได้จาก

$$H_c = \frac{4}{3} (A_g)^{4/11} \quad (ค-3)$$

เมื่อ H_c = ความสูงของห้องเผาไหม้ ; ft

ประสิทธิภาพของเตาเผาในการเผาทำลาย ($\eta_{\text{destruction}}$) หมายถึง ความสามารถในการเผาทำลายมูลฝอยให้เหลือเป็นขี้เถ้า (residue) สามารถพิจารณาได้จากสมการ

$$\eta_{\text{destruction}} = \left[1 - \frac{m_R}{m_{R_C}} \right] \times 100 \quad (ค-4)$$

เมื่อ $\eta_{\text{destruction}}$ = ประสิทธิภาพของเตาเผาในการเผาทำลาย ; %

m_R = อัตราการเกิดขี้เถ้าในเตาเผา ; kg/hr

m_{R_C} = อัตราการเผามูลฝอย ; kg/hr

การคำนวณหาขนาดเตาเผามูลฝอย

At maximum refuse combustion rate ; $R_c = 50$ kg/hr [110.23 lb/hr] ปริมาณขี้เถ้าที่เกิดขึ้น ; = kg จากสมการ (ค-1) สามารถหาภาระของตะแกรง (grate loading, L_G) ได้จาก

$$\begin{aligned} L_G &= 10 \log R_C \\ &= 10 \log (110.23) \\ &= 20.42 \text{ lb/hr.ft}^2 \end{aligned}$$

เพื่อให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ จึงคิดเผื่อความชื้นของมูลฝอยโดยพิจารณาที่ 90% ของภาระของตะแกรง ดังนั้น

$$\begin{aligned} L_G &= (0.9 \times 20.42) \\ &= 18.38 \text{ lb/hr} \cdot \text{ft}^2 \end{aligned}$$

จากสมการที่ (ค-2) หาพื้นที่หน้าตัดของตะแกรงได้ ;

$$\begin{aligned} A_G &= R_c / L_G \\ &= 110 / 18.38 = 5.997 \text{ ft}^2 = 0.557 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

จากสมการที่ (ค-3) หาความสูงของห้องเผาไหม้ได้ ;

$$\begin{aligned} H_c &= \frac{4}{3} (A_g)^{4/11} = \frac{4}{3} (5.997)^{4/11} \\ &= 2.557 \text{ ft} = 0.767 \text{ m.} \end{aligned}$$

ดังนั้นจากสมการที่ (ค-4) สามารถพิจารณาประสิทธิภาพของเตาเผาในการทำลายได้ ;

$$\begin{aligned} \eta_{\text{destruction}} &= \left[1 - \frac{m_R}{m_{R_C}} \right] \times 100 \\ \eta_{\text{destruction}} &= \left[1 - \frac{2.38}{50.0} \right] \times 100 \\ &= 95.24 \% \end{aligned}$$

หมายเหตุ เพื่อช่วยให้เกิดการเผาไหม้ดีขึ้นและเพื่อที่สำหรับ flue gas ที่เกิดขึ้น จึงพิจารณาใช้ความสูงของห้องเผาเป็น 1.0 เมตร และใช้ความสูงของห้องเก็บขี้เถ้าเท่ากับ 0.25 เมตร

ภาคผนวก

โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้การวัดอัตราการไหลของแก๊สในระบบได้ใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบออริฟิซ (orifice plate) ซึ่งค่าความดันลดของแก๊สที่ผ่านแผ่นออริฟิซนี้สามารถอ่านได้จากความสูงแตกต่างของระดับของของเหลวในमानometer รูปตัว U โดยได้มีการออกแบบเครื่องมือการวัดอัตราการไหลนี้จากโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลที่มีชื่อว่า “FOXBORO FLOWMETER PRODUCT” ซึ่งรายละเอียดต่างๆในการใช้งานของโปรแกรมจะได้แสดงต่อไป

ในปัจจุบันโปรแกรมนี้ได้นิยมใช้สำหรับการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลของของไหลชนิดต่างๆทั้งในงานวิจัยและในงานอุตสาหกรรม เป็นการเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ที่ต้องการพิจารณาเลือกใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานขณะนั้น โดยสามารถหาข้อมูลรายละเอียดต่างๆได้จากทางอินเทอร์เน็ต โดยใช้ WebSite ที่ <http://www.foxboro.com/> ทั้งนี้ในการออกแบบจะมีการกำหนดให้ input ค่าที่อยู่ในสภาวะของการทำงานนั้นๆ จาก Foxboro Flowmeter Product Selection Guild จากนั้นโปรแกรมคำนวณและแนะนำเครื่องมือที่เหมาะสมกับงานนั้น เมื่อผู้ใช้เลือกชนิดของเครื่องมือวัดแล้ว โปรแกรมก็จะให้กำหนดค่าตัวแปรๆตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งจะมีการเรียกเข้าไปที่โปรแกรมย่อยที่มีชื่อว่า ‘Sizing Results’ เมื่อกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ เรียบร้อยแล้วก็ใช้คำสั่งให้โปรแกรมทำการคำนวณขนาดของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบออริฟิซ (Orifice plate) ทั้งที่ตำแหน่งบริเวณทางเข้าของเครื่องแยกอนุภาคและบริเวณทางออกของเครื่องแยกอนุภาค

วิธีการติดตั้ง Foxboro Flow Expert Sizing Program บน Windows

สำหรับการติดตั้งโปรแกรมนี้ต้องการเนื้อที่ว่างใน Hard disk เท่ากับ 3 MB ; DOS 3.3 ; VGA และสามารถติดตั้งในคอมพิวเตอร์บน Window 3.1, Windows for Workgroup 3.11, Windows NT หรือ Windows 95 โดยมีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

1. ใส่แผ่น diskette ลงในคอมพิวเตอร์ แล้วเปิดหาไฟล์ที่มีอยู่ในแผ่น

2. ทำการสร้าง Sub-directory ใน Hard disk แล้ว copy ทุกไฟล์จาก diskette ลงใน Sub-directory
3. ตรวจสอบหาไฟล์ที่มีชื่อว่า 'pkunzip.zip' เพื่อทำการเปิดโปรแกรม
4. เลือหาไฟล์ที่มีชื่อว่า 'FOXFLOW.BAT' เพื่อเรียกใช้งาน
5. ในการ Run ผล ก็จะมีการใส่ค่า input data ต่างๆ ดังต่อไปนี้
 - 5.1 Type of fluid
 - 5.2 Conductivity
 - 5.3 Viscosity
 - 5.4 Presence of sticky, long or
 - 5.5 Distribution of solids and/or gas and/or liquid in primary phase
 - 5.6 Presence of entrained gas
 - 5.7 Concern about fugative emissions
 - 5.8 Steam quality
 - 5.9 Nominal diameter of process piping
 - 5.10 Sanitary clean-in-place installation
 - 5.11 Process temperature
 - 5.12 Flow direction
 - 5.13 Meter orientation
 - 5.14 Materials of construction
 - 5.15 Process density
 - 5.16 Head loss limitations
 - 5.17 Rangeability
 - 5.18 Reynolds number
 - 5.19 Measurement precision
 - 5.20 Measurement accuracy
 - 5.21 Upstream flow disturbance(s)
 - 5.22 Distance of disturbances from meter inlet
 - 5.23 Installed flow straightener or conditioner
 - 5.24 Important cost factor(s)
 - 5.25 Factor(s) that most influence flowmeter choice

หลังจากนั้นผล Run ก็จะเกิดขึ้น หากพบว่ามีการ input data ไม่เหมาะสมหรือไม่ สามารถเป็นจริงได้สำหรับเงื่อนไขในโปรแกรมนี้ก็จะมีการ error พร้อมทั้งแนะนำวิธีการแก้ไขก่อนทำการ Run ก็ต้องมีการเปลี่ยนค่า input data บางค่าใหม่ให้เหมาะสมด้วย

March 9, 1999

1. Orifice

VARIABLES

Fluid Name: COMBUSTION GAS

Tag Number: INLET

Reference: SETTLING INLET

Type of fluid: Gas

Process gas type:	Dirty (<1% solids)
Concerned about fugative emissions:	No (not applicable)
Gas contains sticky, long or fibrous solids:	No
Method that solids/liquids dispersed in gas:	Homogeneously mixed in the gas
Nominal diameter of process piping:	4 and 5 in. (100 and 125 mm)
Sanitary clean-in-place required:	No
Process temperature exceeds 400 deg:	Yes
Compatible with:	Neither
Flow direction:	Unidirectional
Meter orientation:	Horizontal
Unit type:	Volumetric units
Flow density:	Density varies
Limitations on head loss:	Between 3 and 10 psi (between 0.2 and 0.7 bar)
Desired rangeability:	Between 5:1 and 10:1
Type of flow within specified range:	Turbulent only
Measurement precision requirement:	High accuracy and high repeatability
Measurement accuracy required:	Greater than 3% of rate
Measurement accuracy required for lowest flow rate:	Greater than 3% of rate
Flow disturbances located upstream:	None
Distance of disturbance from meter inlet:	Not an input variable
Flow straightener or conditioner installed between disturbance and meter inlet:	Not an input variable
Cost factor(s):	Initial cost
Factor(s) that most influence flowmeter choice:	All

ORIFICE SIZING RESULTS

VARIABLES

Fluid Name:	COMBUSTION GAS
Tag Number:	1
Reference:	INLET & OUTLET
Taps:	DIST
Material:	CARBON plate
Internal Pipe Diameter:	5
Beta:	Not an input variable
Differential Pressure:	15.00 inches WC
Units:	METRIC
Temperature:	400 degrees C
Normal Temperature:	Not an input variable
Process Pressure:	1.0130 bar g
Barometric Pressure:	1.0130 bar a
Normal Pressure:	1.00 bar a
Fluid Type:	GAS
Maximum Flow Rate:	12.0000 acmm
Normal Flow Rate:	8.40 acmm
Standard Density:	Not an input variable
Flowing Density:	0.4528 kg/m ³
Viscosity:	0.0329 cp
Average Molecular Weight:	Not an input variable
Average Compressibility Factor:	Not an input variable
Specific Heat Ratio:	1.37 Cp/Cv

CALCULATED RESULTS

Average Compressibility Factor:	1.00
Gas Expansion Factor:	.9943
Reynold's Number at Maximum Flow:	27596.63
Reynold's Number at Normal Flow:	19317.0
Discharge Coefficient C:	.6071
Thermal Correction Factor:	1.011908
Orifice Bore Diameter:	56.4012 mm
Unrecovered Head Loss:	.0292 bar
Beta:	.4444

ภาคผนวก จ

การหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง

จากสมการที่ (5.1) และ (5.2) สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพได้ ดังตัวอย่างการคำนวณดังต่อไปนี้ สมการที่ (5.1) สำหรับการหาประสิทธิภาพโดยคำนวณจากมวลของอนุภาคที่เก็บได้

$$\eta_m = \frac{\text{มวลของอนุภาคที่เครื่องดักเก็บได้}}{\text{มวลของอนุภาคทั้งหมด}}$$

$$\eta_m = \frac{m_s}{m_s + m_f}$$

เมื่อ m_s = มวลของอนุภาคที่เก็บได้จากเครื่องดักอนุภาค

m_f = มวลของอนุภาคที่เก็บได้จากแผ่นกรอง

พิจารณาที่ความเร็วแก๊สเข้า 22.87 m/s จำนวนลาดดักอนุภาค 25 ชั้น

มวลของอนุภาคที่เครื่องดักอนุภาคเก็บได้ในเวลา 75 นาที เท่ากับ 11.5257 g

มวลของอนุภาคที่แผ่นกรองอนุภาคเก็บได้ในเวลา 75 นาที เท่ากับ 16.0725 g

ดังนั้นประสิทธิภาพโดยคำนวณจากมวล = $11.5257 / (11.5257 + 16.0725)$

$\therefore \eta_m = 41.76 \%$

สมการที่ (5.2) สำหรับการหาประสิทธิภาพโดยคำนวณจากการกระจายขนาดอนุภาค

$$\eta_{D,i} = \frac{m_{s,i}}{m_{s,i} + m_{f,i}}$$

$$\eta_D = \frac{\sum_{i=1}^N \eta_{D,i}}{N}$$

เมื่อ $m_{s,i}$ = มวลของอนุภาคที่เก็บได้จากเครื่องดักอนุภาคในช่วงขนาดอนุภาคนั้น

$m_{f,i}$ = มวลของอนุภาคที่แผ่นกรองเก็บได้ในช่วงขนาดอนุภาคนั้น

η_{D_i} = ประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคในช่วงขนาดอนุภาคนั้น

η_D = ประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคจากการวัดการกระจายอนุภาค

N = จำนวนช่วงที่พิจารณา

ขนาดอนุภาค	$m_{s,i}$ หรือ ln%	$m_{t,i}$ หรือ ln%	ประสิทธิภาพ (η_{D_i})
0.91	0.08	0.12	0.40
1.06	0.09	0.12	0.43
1.24	0.10	0.13	0.43
1.44	0.11	0.15	0.42
1.68	0.13	0.17	0.43
1.95	0.15	0.21	0.42
2.28	0.18	0.26	0.41
2.65	0.22	0.35	0.39
3.09	0.27	0.50	0.35
3.60	0.33	0.72	0.31
4.19	0.40	1.03	0.28
4.88	0.48	1.44	0.25
5.69	0.57	1.97	0.22
6.63	0.67	2.60	0.20
7.72	0.79	3.31	0.19
9.00	0.93	4.07	0.19
10.48	1.08	4.81	0.18
12.21	1.26	5.48	0.19
14.22	1.46	6.02	0.20
16.57	1.69	6.38	0.21
19.31	1.94	6.55	0.23
22.49	2.21	6.52	0.25
26.20	2.48	6.35	0.28
30.53	2.75	6.06	0.31
35.56	3.00	5.72	0.34
41.43	3.21	5.12	0.39
48.27	3.37	4.44	0.43
56.23	3.46	3.69	0.48
65.51	3.49	2.93	0.54
76.32	3.49	2.22	0.61
88.91	3.49	1.59	0.69
103.58	3.51	1.07	0.77
120.67	3.58	0.69	0.84
140.58	3.70	0.43	0.90
163.77	3.89	0.27	0.94
190.80	4.13	0.20	0.95
222.28	4.42	0.19	0.96
ประสิทธิภาพเฉลี่ย (η_D)			43.29%

พิจารณาการกระจายขนาดของอนุภาคจากเครื่องดักอนุภาค (รูปที่ 5.18) และการกระจายขนาดของอนุภาคจากแผ่นกรองอนุภาค (รูปที่ 5.30) ที่ความเร็วแก๊สเข้า 22.87 m/s จำนวนถาด 25 ชั้น (ช่วงที่ใช้ในการคำนวณคือช่วงขนาดอนุภาคระหว่าง 0.91- 222.28 ไมครอน)

ภาคผนวก ก

ตารางและรูปที่ใช้ในการออกแบบระบบเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง

ตารางที่ ก-1 แสดงค่าความเร็วจับของอนุภาค (Capture velocity)

Condition of Contaminant Dispersion	Examples	Capture (control) Velocity m/s
Released with essentially no velocity into still air	Evaporation tanks, degreasing, plating	0.25 to 0.5
Released at low velocity into moderately still air	Container filling, low speed conveyor transfers, welding	0.5 to 1.0
Active generation into zone of rapid air motion	Barrel filling, chute loading of conveyors, crushing, cool shakeout	1.0 to 2.5
Released at high velocity into zone of very rapid air motion	Grinding, abrasive blasting, tumbling, hot shakeout	2.5 to 10

ตารางที่ ฅ-2 แสดงค่าความเร็วของแก๊สที่มีอนุภาคแขวนลอยอยู่ (Transport velocity)

Nature of Contaminant	Examples	Minimum Transport Velocity, m/s
Vapors, gases, smoke	All vapors, gases, smokes	Usually 5 to 10
Fumes	Welding	10 to 13
Very fine light dust	Cotton lint, wood flour, litho power	13 to 15
Dry dusts and powers	Fine rubber dust, Bakelite molding power dust, Jute lint, cotton dust, shaving(light), soap dust, leather shavings	15 to 20
Average industrial dust	Grinding dust, buffing lint(dry), wool jute dust, coffee beans, shoe dust, granite dust, silica flour, clay dust	18 to 23
Heavy dusts	Sawdust, sandblast dust, wood blocks, lead dust,	20 to 23
Heavy or moist dusts	Lead dust with small chips, moist cement dust, quicklime dust	23 and up

ตารางที่ ฉ-3 แสดงค่าความเร็วของอากาศเนื่องจากความดัน (Velocity Pressure)

จากสมการ $v = 4.0435\sqrt{(VP)}$



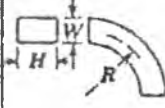
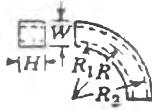



เมื่อ v = ความเร็วของอากาศ; m/s

VP = ความดัน; mm. of water

VP	v	VP	v	VP	v	VP	v
1	4.04	16	16.17	31	22.51	46	27.42
2	5.72	17	16.67	32	22.87	47	27.72
3	7.00	18	17.16	33	23.23	48	28.01
4	8.09	19	17.63	34	23.58	49	28.30
5	9.04	20	18.08	35	23.92	50	28.59
6	9.90	21	18.53	36	24.26	51	28.88
7	10.70	22	18.97	37	24.60	52	29.16
8	11.44	23	19.39	38	24.93	53	29.44
9	12.13	24	19.81	39	25.25	54	29.71
10	12.79	25	20.22	40	25.57	55	29.99
11	13.41	26	20.62	41	25.89	56	30.26
12	14.01	27	21.01	42	26.20	57	30.53
13	14.58	28	21.40	43	26.52	58	30.79
14	15.13	29	21.77	44	26.82	59	31.06
15	15.66	30	22.15	45	27.12	60	31.32

ตารางที่ ฉ-4 แสดงค่าการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในข้องอ

Pressure Losses due to Elbows
 Additional equivalent losses in excess of friction to intersection of center lines


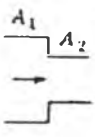
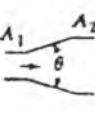
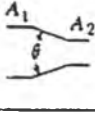
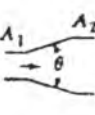








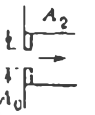

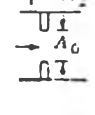
Type	Illustration	Conditions	Pressure Loss			
			C*	L/D	L/W	
N, deg		Rectangular or round; with or without vanes	$\frac{N}{90}$ times value for similar 90-deg elbow †			
90-deg round section		Miter	1.30 †	65 ‡		
		R/D ≈ 0.5	0.90			
		0.75	0.45	23		
		1.0	0.33	17		
		1.5	0.24	12		
		2.0	0.19	10		
90-deg rectangular section		H/W R/W				
		0.25	Miter	1.25 †		25 ‡
			0.5	1.25		25
			0.75	0.60		12
			1.0	0.37		7
			1.5	0.19		4
		0.5	Miter	1.47		49
			0.5	1.10		40
			0.75	0.50		16
			1.0	0.28		9
			1.5	0.13		4
		1.0	Miter	1.50		75
			0.5	1.00		50
			0.75	0.41		21
			1.0	0.22		11
			1.5	0.09		4.5
4.0	Miter	1.38		110		
	0.5	0.96		65		
	0.75	0.37		43		
	1.0	0.19		17		
	1.5	0.07		6		
90-deg square section with splitter vanes		R/W R1/W R2/W				
		Miter	0.5		28 ‡	
		0.5	0.4	0.70 †	19	
		0.7	0.6		12	
		1.0	1.0	0.13	7.2	
		1.5		0.12		
		Miter	0.3	0.5	22 ‡	
		0.5	0.2	0.4	16	
		0.75	0.4	0.7		
		1.0	0.7	1.0		
1.5	1.3	1.6				
Miter with turning vanes		Plate vanes	0.35 †			
		Formed vanes	0.10 †			
Miter tee with vanes		Consider equal to a similar elbow.				
Radius tee		Base loss on entering velocity.				

* Values based on f (friction factor) values of approximately 0.02.

† Values calculated from L/D and L/W values of reference 3 for f = 0.02.

ตารางที่ ฉ-5 แสดงค่าการสูญเสียจากการเปลี่ยนที่หน้าตัดท่อ

Pressure Losses due to Area Changes

Type	Illustration	Condi- tions	Loss Coefficient		Type	Illustration	Condi- tions	Loss Coefficient									
			C_1	C_2													
Abrupt expansion		A_1/A_2	C_1	C_2	Abrupt contraction, square edge		A_2/A_1	C_2									
									0.1	0.81	0.81						
									0.2	0.64	0.16						
									0.3	0.49	0.05						
									0.4	0.36	0.25						
									0.5	0.25	0.45						
									0.6	0.16	0.81						
									0.7	0.09	1.21						
									0.8	0.04	1.76						
									0.9	0.01	2.41						
Gradual expansion		θ	C_r^*		Gradual contraction		$\frac{\theta}{3}$	C_2									
									5°	0.17 ⁴	0.02 ⁴						
									7°	0.22	0.04						
									10°	0.28	0.06						
									20°	0.45	0.16						
Gradual expansion		θ	C_r^*		Equal area transformation		$A_1 = A_2$	C									
									30°	0.59	0.15 ⁴						
									40°	0.73							
									Abrupt exit		A_1/A_2	C_1	C_2	Flanged entrance		$A = \infty$	C
Square edge orifice exit		A_0/A_1	C_0		Duct entrance		$A = \infty$	C									
									0.0	2.50 ⁶	0.85 ⁴						
									0.2	2.44							
									0.4	2.26							
									0.6	1.96							
Bar across duct		E/D	C		Formed entrance		$A = \infty$	C									
									0.10	0.74	0.03 ⁴						
									0.25	1.4							
									0.50	4.0							
									Pipe across duct		E/D	C		Square edge orifice entrance		A_0/A_2	C_0
0.10	0.20 ⁴	2.50 ⁶															
0.25	0.55	1.90															
0.50	2.0	1.39															
Streamlined strut across duct		E/D	C		Square edge orifice in duct		A_0/A	C_0									
									0.10	0.07 ⁴	2.50 ⁶						
									0.25	0.23	1.86						
									0.50	0.90	1.21						

* C_r is to be applied with the proper C_1 or C_2 value given in the section above for abrupt expansion.

Note 1: Subscript on C indicates cross section at which velocity is calculated, i.e., 1, 2, or orifice.

ตารางที่ ฉ-6 คุณสมบัติของแก๊สที่ความดันบรรยากาศ

T		ρ , lbm/ft ³	c_p , Btu/lbm·°F	μg_c , lbm/ft·sec	ν , ft ² /sec	k, Btu/hr·ft·°F	α , ft ² /hr	Pr
°F	°C							
Air								
-280	-173	0.2248	0.2452	0.4653×10^{-5}	2.070×10^{-5}	0.005 342	0.096 91	0.770
-190	-123	0.1478	0.2412	0.6910	4.675	0.007 936	0.2226	0.753
-100	-73	0.1104	0.2403	0.8930	8.062	0.010 45	0.3939	0.739
-10	-23	0.0882	0.2401	1.074	10.22	0.012 87	0.5100	0.722
80	27	0.0735	0.2402	1.241	16.88	0.015 16	0.8587	0.708
170	77	0.0623	0.2410	1.394	22.38	0.017 35	1.156	0.697
260	127	0.0551	0.2422	1.536	27.88	0.019 44	1.457	0.689
350	177	0.0489	0.2438	1.669	31.06	0.021 42	1.636	0.683
440	227	0.0440	0.2459	1.795	40.80	0.023 33	2.156	0.680
530	277	0.0401	0.2482	1.914	47.73	0.025 19	2.531	0.680
620	327	0.0367	0.2520	2.028	55.26	0.026 92	2.911	0.680
710	377	0.0339	0.2540	2.135	62.98	0.028 62	3.324	0.682
800	427	0.0314	0.2568	2.239	71.31	0.030 22	3.748	0.684
890	477	0.0294	0.2593	2.339	79.56	0.031 83	4.175	0.686
980	527	0.0275	0.2622	2.436	88.58	0.033 39	4.631	0.689
1070	577	0.0259	0.2650	2.530	97.68	0.034 83	5.075	0.692
1160	627	0.0245	0.2678	2.620	106.9	0.036 28	5.530	0.696
1250	677	0.0232	0.2704	2.703	116.5	0.037 70	6.010	0.699
1340	727	0.0220	0.2727	2.790	126.8	0.039 01	6.502	0.702
1520	827	0.0200	0.2772	2.955	147.8	0.041 78	7.536	0.706
1700	927	0.0184	0.2815	3.109	169.0	0.044 10	8.514	0.714
1880	1027	0.0169	0.2860	3.258	192.8	0.046 41	9.602	0.722
2060	1127	0.0157	0.2900	3.398	216.4	0.048 80	10.72	0.726
2240	1227	0.0147	0.2939	3.533	240.3	0.050 98	11.80	0.734
2420	1327	0.0138	0.2982	3.668	265.8	0.053 48	12.88	0.741
2600	1427	0.0130	0.3028	3.792	291.7	0.055 50	14.00	0.749
2780	1527	0.0123	0.3075	3.915	318.3	0.057 50	15.09	0.759
2960	1627	0.0116	0.3128	4.029	347.1	0.059 1	16.40	0.767
3140	1727	0.0110	0.3196	4.168	378.8	0.0612	17.41	0.783
3320	1827	0.0105	0.3278	4.301	409.9	0.0632	18.36	0.803
3500	1927	0.0100	0.3390	4.398	439.8	0.0646	19.05	0.831
3680	2027	0.0096	0.3541	4.513	470.1	0.0663	19.61	0.863
3860	2127	0.0091	0.3759	4.611	506.9	0.0681	19.92	0.916
4160	2293	0.0087	0.4031	4.750	546.0	0.0709	20.21	0.972
Helium								
-456	-271		1.242	5.66×10^{-7}		0.0061		
-400	-240	0.0915	1.242	33.7	3.68×10^{-5}	0.0204	0.1792	0.74
-200	-129	0.211	1.242	84.3	39.95	0.0536	2.044	0.70
-100	-73	0.0152	1.242	105.2	69.30	0.0680	3.599	0.694
0	-18	0.0119	1.242	122.1	102.8	0.0784	5.299	0.70
200	93	0.008 29	1.242	154.9	186.9	0.0977	9.490	0.71
SI units		kg/m ³	J/kg·K	Pa·s	m ² /s	W/m·K	m ² /s	
To convert to SI units multiply tabulated values by		$1.601\ 846 \times 10^1$	4.184×10^3	1.488 164	$9.290\ 304 \times 10^{-2}$	1.729 577	$2.580\ 640 \times 10^{-3}$	

*Adapted by permission from E. R. G. Eckert and R. M. Drake, Jr., *Heat and Mass Transfer*, 2d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1959

ตารางที่ ๗-7 คุณสมบัติของมูลฝอยชนิดต่างๆ

Proximate Analyses of Waste Materials.

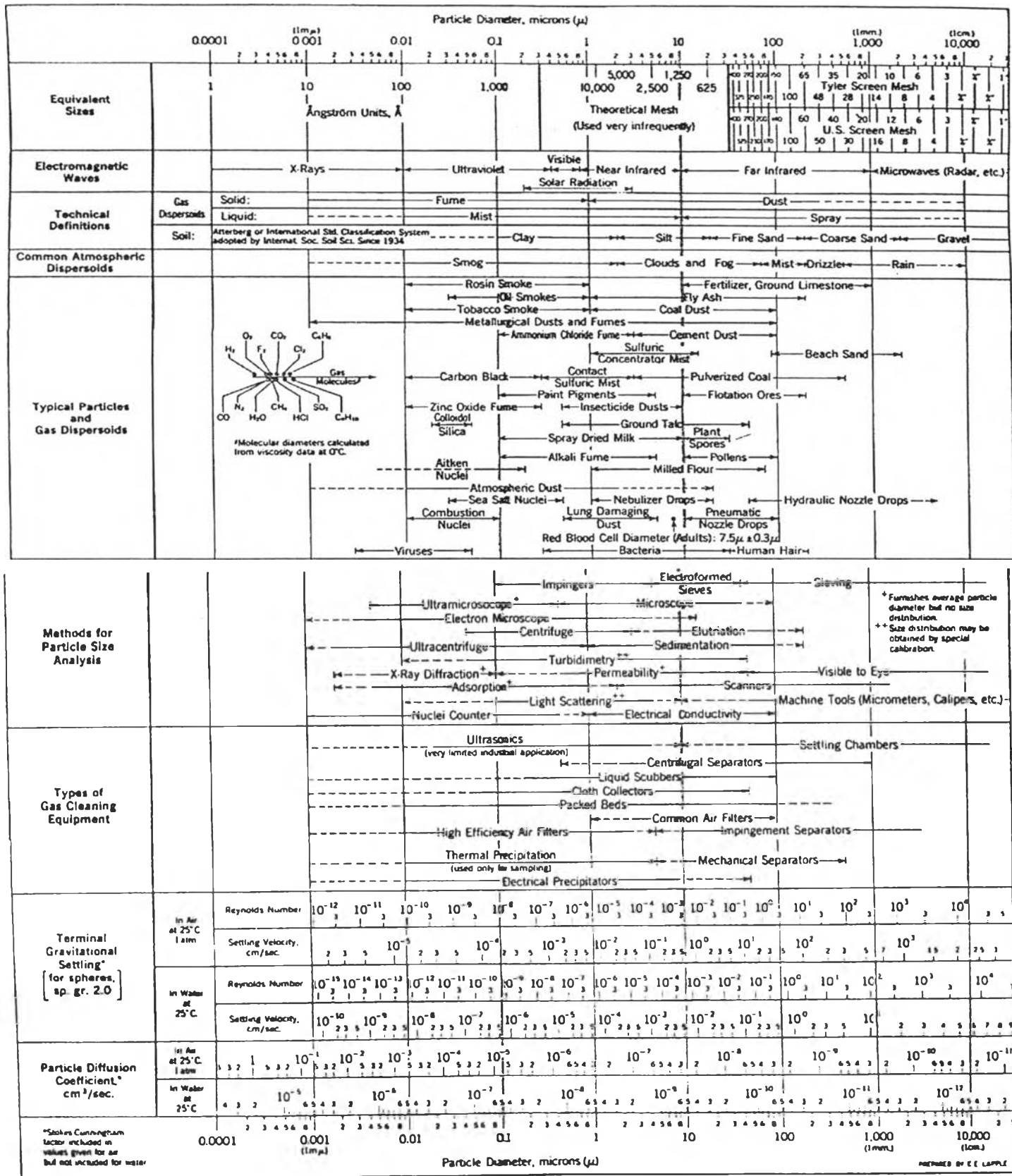
Components	Weight Percent			
	Moisture	Volatile Matter	Fixed Carbon	Non-Combustibles
Paper products				
Paper, mixed	10.24	75.94	8.44	5.38
Newsprint	5.97	81.12	11.48	1.43
Brown paper	5.83	83.92	9.24	1.01
Magazine	4.11	66.39	7.03	22.47
Corrugated boxes	5.20	77.47	12.27	5.06
Food waste				
Vegetable waste	78.29	17.10	3.55	1.06
Citrus rinds	78.70	16.55	4.01	0.74
Meat scraps	38.74	56.34	1.81	3.11
Vegetation				
Green logs	50.00	42.25	7.25	0.50
Furniture wood	6.00	80.92	11.74	1.34
Evergreen shrubs	69.00	25.18	5.01	0.81
Flowering plants	53.94	35.64	8.08	2.34
Lawn grass	75.24	18.64	4.50	1.62
Wood and bark	20.00	67.89	11.31	0.80
Domestic waste				
Tires	1.02	64.92	27.51	6.55
Leather	10.00	68.46	12.49	9.10
Leather shoe	7.46	57.12	14.26	21.16
Shoe heel and sole	1.15	67.03	2.08	29.74
Rubber	1.20	83.98	4.94	9.88
Mixed plastics	2.00	—	—	10.00
Polyethylene	0.20	98.54	0.07	1.19
Polystyrene	0.20	98.67	0.68	0.45
Polyurethane	0.20	87.12	8.30	4.38
Polyvinyl chloride	0.20	86.89	10.85	2.06
Linoieum	2.10	64.50	6.60	26.80
Municipal wastes,				
3000 to 6000 Btu/lb	35-15	37-65	0.6-15.0	27.0-15.0

ตารางที่ ฌ-7 (ต่อ) คุณสมบัติของมูลฝอยชนิดต่างๆ

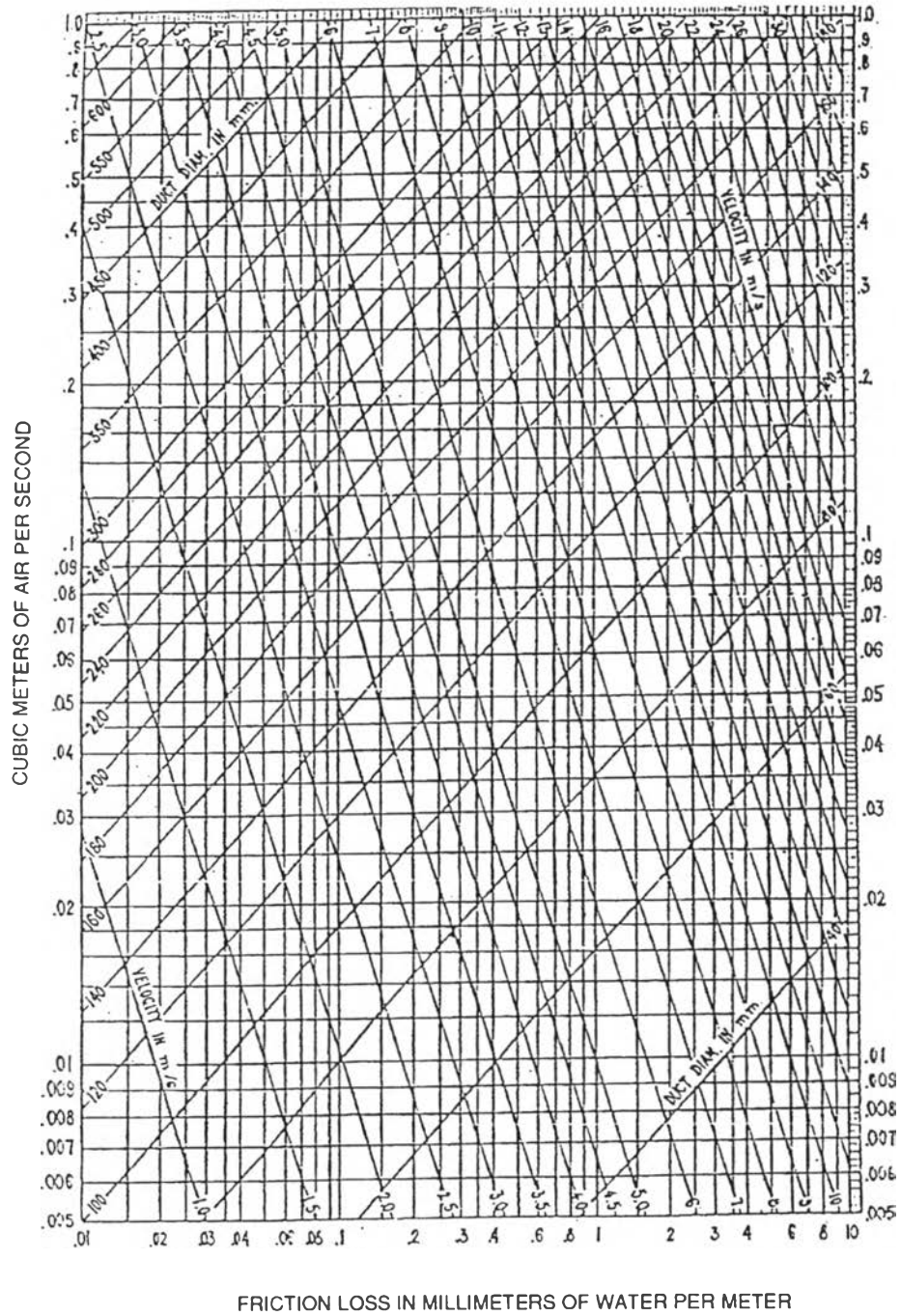
Properties of Waste Materials.

Waste	Heating Value, BTU/lb as Fired	Wt., lbs per cu ft (loose)	Content by Weight, %	
			Ash	Moisture
Type 0 waste	8,500	10	5	10
Type 1 waste	6,500	10	10	25
Type 2 waste	4,300	24	10	50
Type 3 waste	2,500	35	5	70
Type 4 waste	1,000	55	5	85
Newspaper	7,975	7	1.5	6
Brown paper	7,250	7	1.5	6
Magazines	5,250	35	22.5	5
Corrugated paper	7,040	7	5.0	5
Plastic coated paper	7,340	7	2.6	5
Coated milk cartons	11,330	5	1.0	3.5
Citrus rinds	1,700	40	.75	75
Shoe leather	7,240	20	21.0	7.5
Butyl sole composition	10,900	25	30.0	1.0
Polyethylene	20,000	40-60	0	0
Polyurethane (foamed)	13,000	2	0	0
Latex	10,000	15	0	0
Rubber waste	9,000-13,000	62-125	20-30	0
Carbon	14,093		0	0
Wax paraffin	18,621		0	0
Tar or asphalt	17,000	60	1	0
1/3 tar-2/3 paper	11,000	10-20	2	1
Wood sawdust	7,800-9,600	10-12	3	10
Wood bark	8,000-9,500	12-20	3	10
Corn cobs	8,000	10-15	3	5
Rags (linen or cotton)	7,200	10-15	2	5
Animal fats	17,000	50-60	0	0
Cotton seed hulls	8,600	25-30	2	10
Coffee grounds	10,000	25-30	2	20
Linoleum scrap	11,000	70-100	20-30	1

รูปที่ ๑-1 แสดงคุณลักษณะของอนุภาคนิวตต่าง ๆ



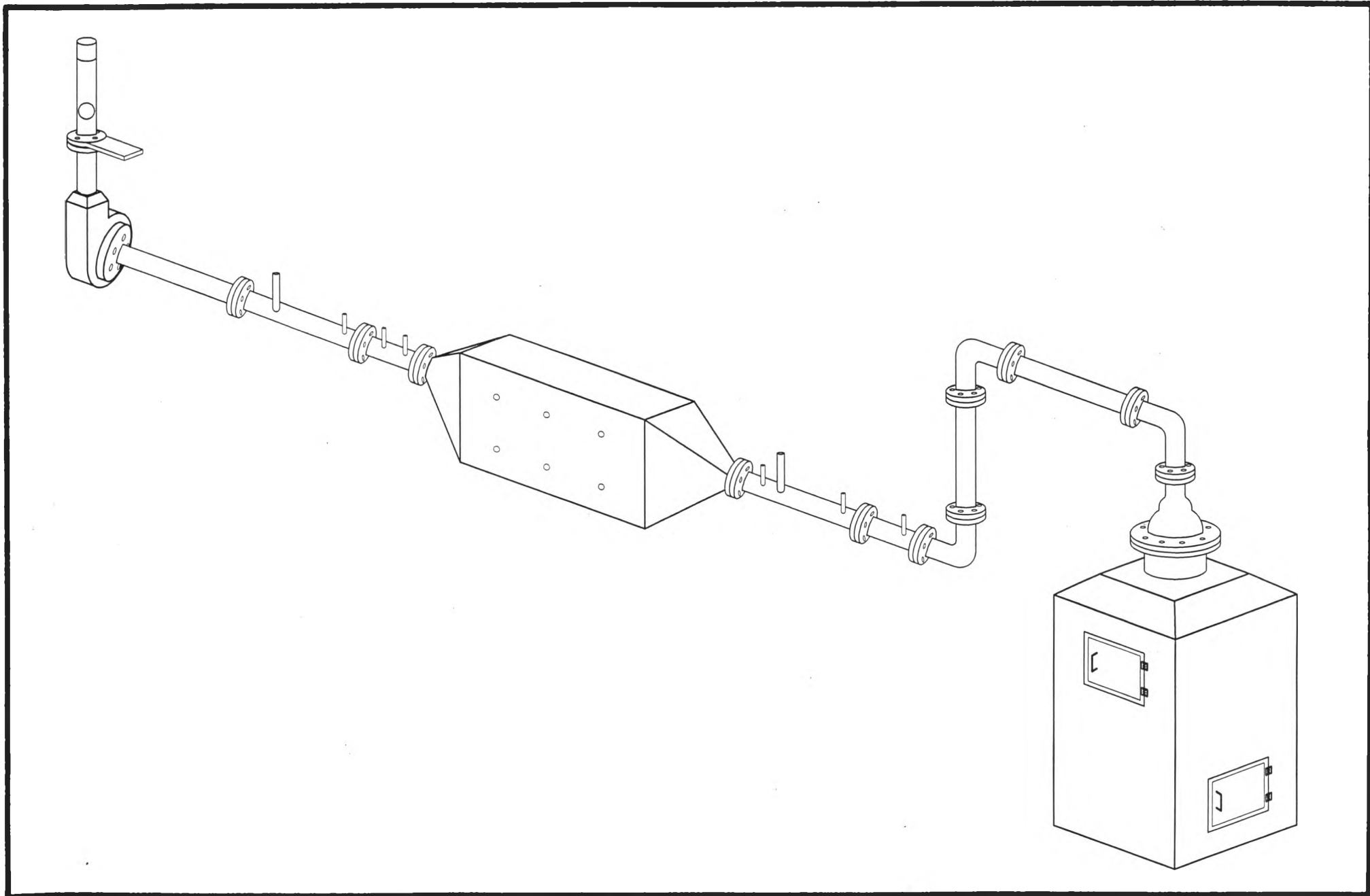
รูปที่ ฉ-2 แสดงค่าการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อ (f_d)



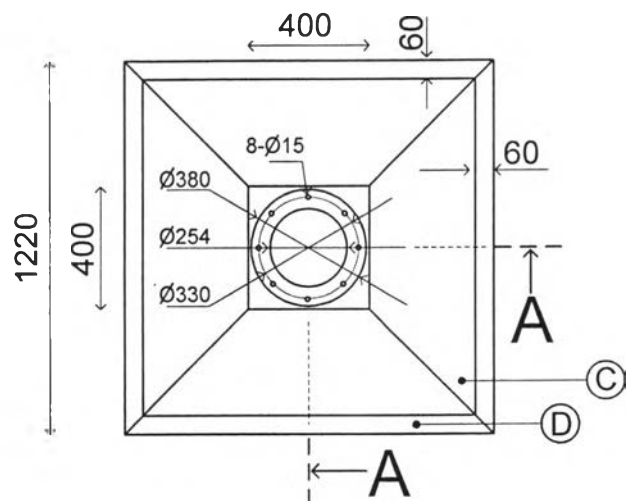
FRICTION LOSS IN MILLIMETERS OF WATER PER METER

ภาคผนวก ช

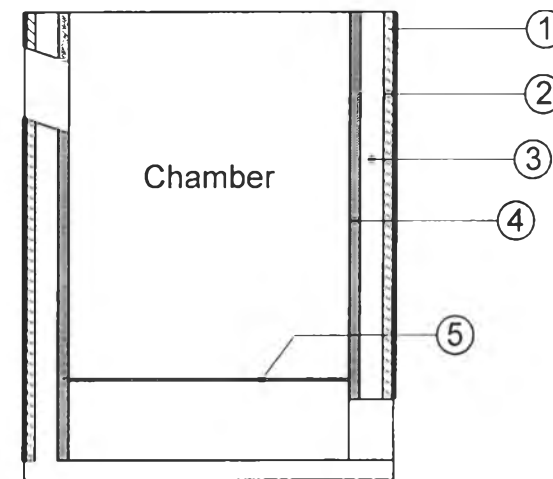
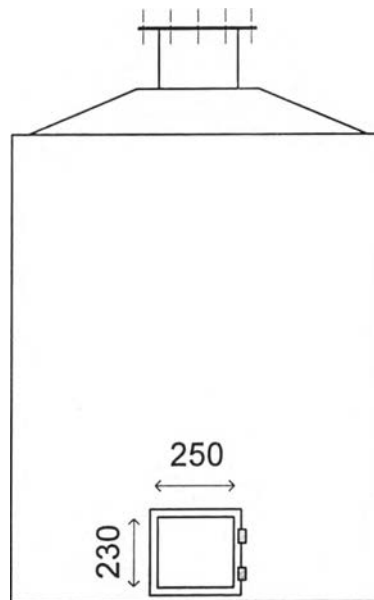
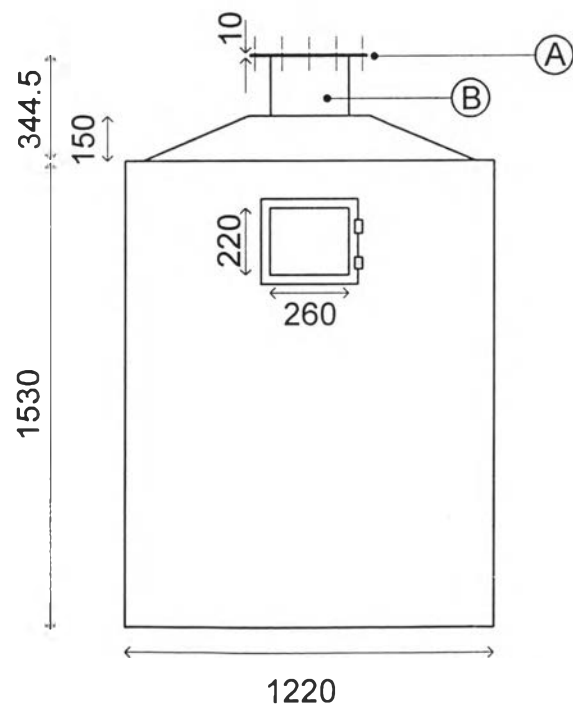
ภาพเขียนแบบระบบเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง



รูปที่ ช-1 แสดงภาพรวมของเครื่องแยกอนุภาคโดยแรงโน้มถ่วง



Sym	Part name	Q'TY	Thickness	Remark
A	Flange	1	10 mm.	Steel plate
B	Pipe 10 in.	1	6.6 mm.	Steel pipe
C	Side plate	4	3.2 mm.	Steel plate
D	Base Hood	4	3.2 mm.	Steel plate

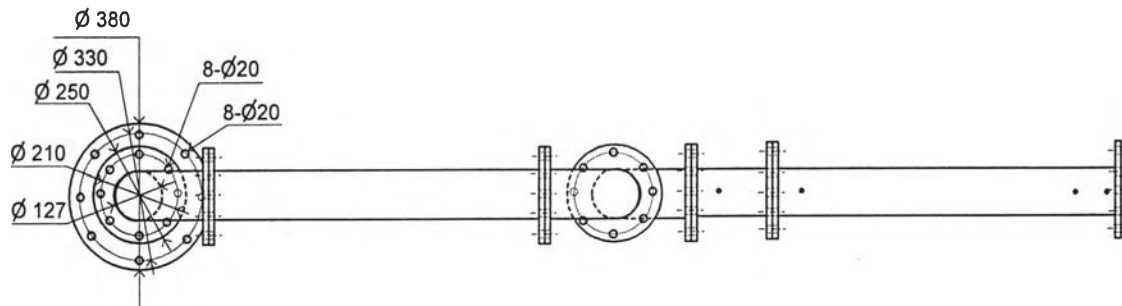


Section A-A

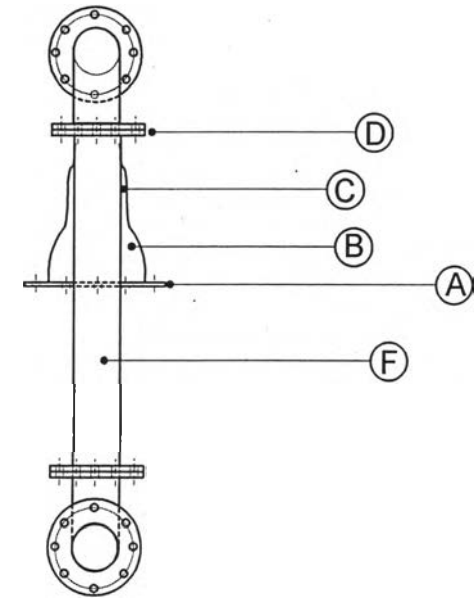
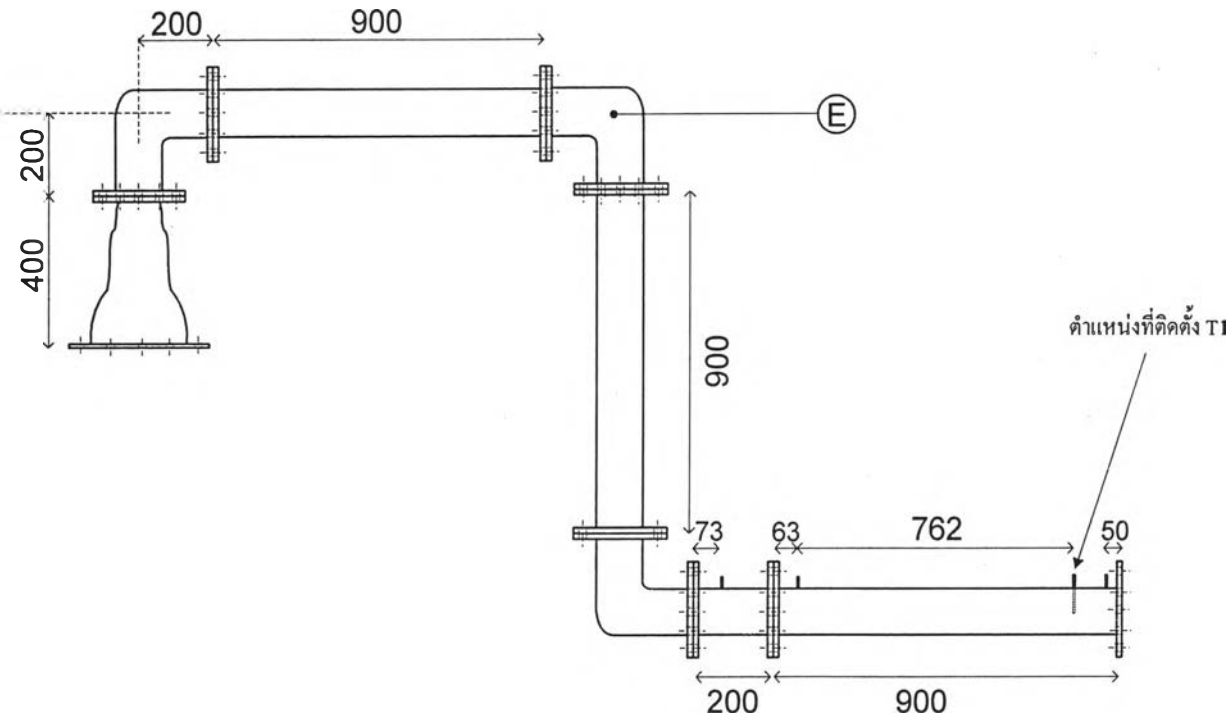
- ① Galvanized steel sheet
- ② Silica fiber
- ③ Concrete
- ④ Fire clay brick
- ⑤ Steel grate

Scale	1 : 25	mm.
Name	Single Chamber Incinerator	

รูปที่ ช-2 แสดงขนาดเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว

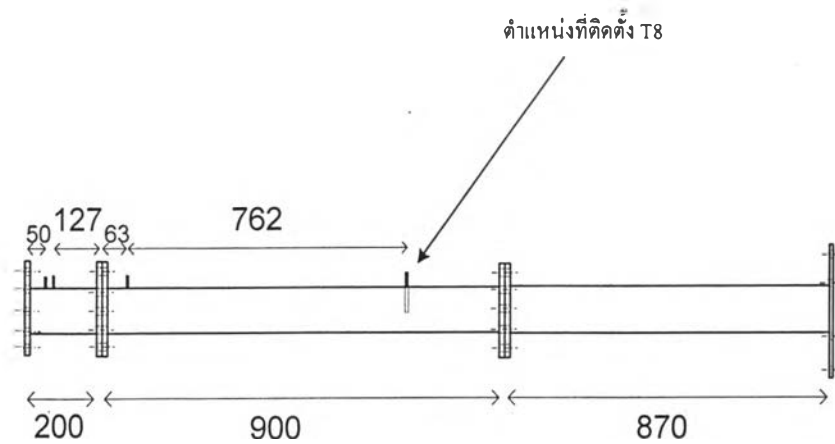
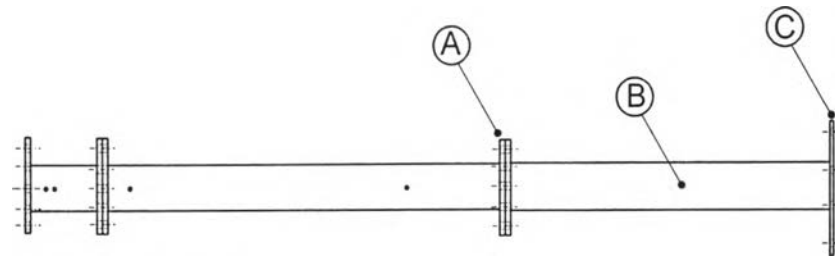


Sym	Part name	Q'TY	Thickness	Remark
A	Flange	1	10 mm.	Steel plate
B	Reducer 10 x 6 in.	1	-	Steel pipe
C	Reducer 6 x 5 in.	1	-	Steel pipe
D	Flange	15	15 mm.	Steel
E	Elbow 90°	3	5 mm.	Steel pipe
F	Pipe 5 in.	4	5 mm.	Steel pipe

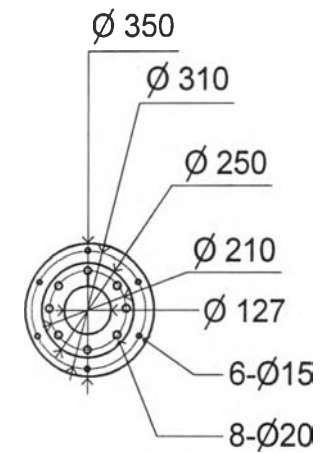


Scale 1 : 20		mm.
Name	Inlet Pipe	

รูปที่ ช-3 แสดงระบบท่อจากเตาถึงทางเข้าเครื่องแยกอนุภาค

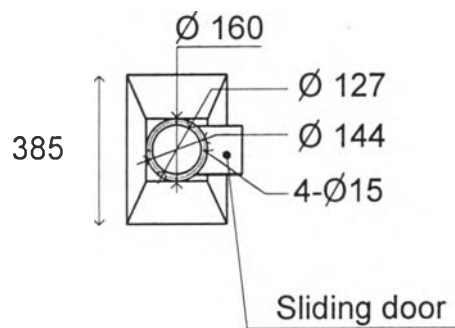


Sym	Part name	Q'TY	Thickness	Remark
A	Flange	5	15 mm.	Steel
B	Pipe 5 in.	3	5 mm.	Steel pipe
C	Flange	1	10 mm.	Steel plate

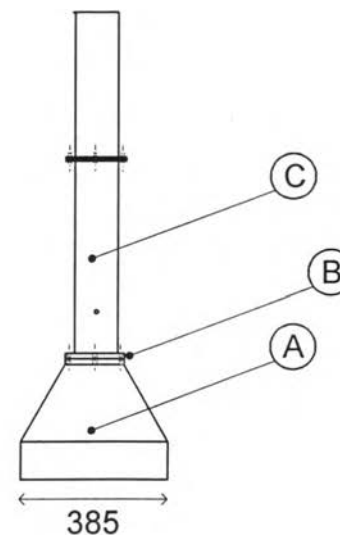
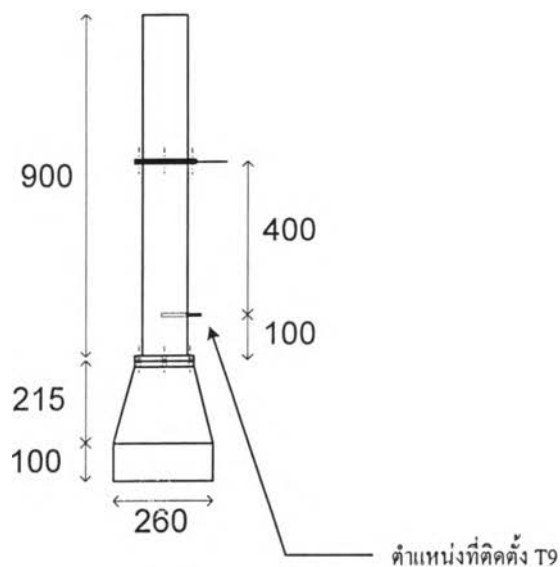


Scale 1 : 20		mm.
Name	Outlet Pipe	

รูปที่ ข-4 แสดงระบบท่อจากทางออกเครื่องแยกอนุภาคถึงพัดลมดูดอากาศ

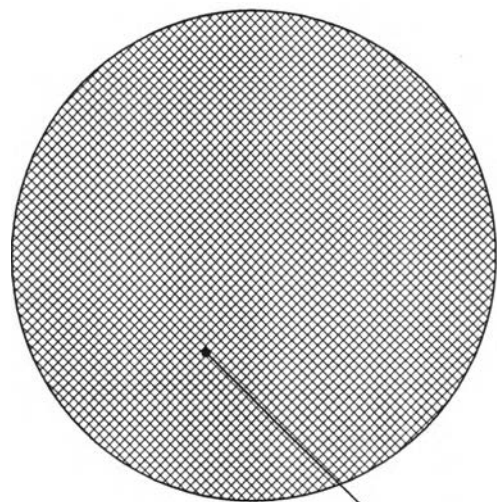


Sym	Part name	Q'TY	Thickness	Remark
A	Hood	1	-	Galvanized steel sheet
B	Flange	4	5 mm.	Steel plate
C	Pipe 5 in.	2	-	Galvanized steel pipe

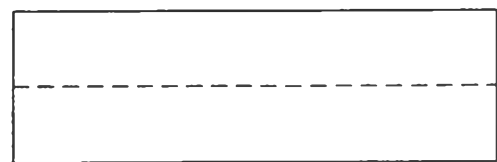
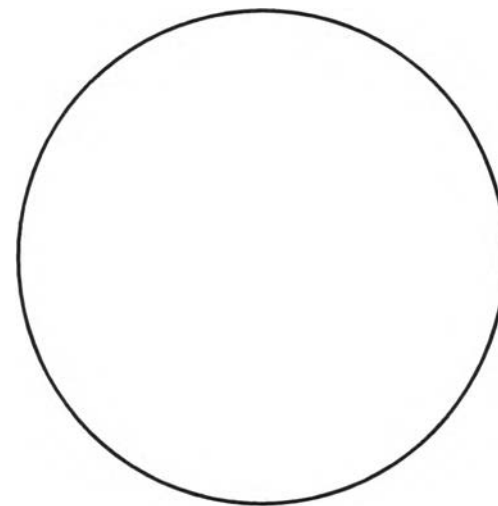
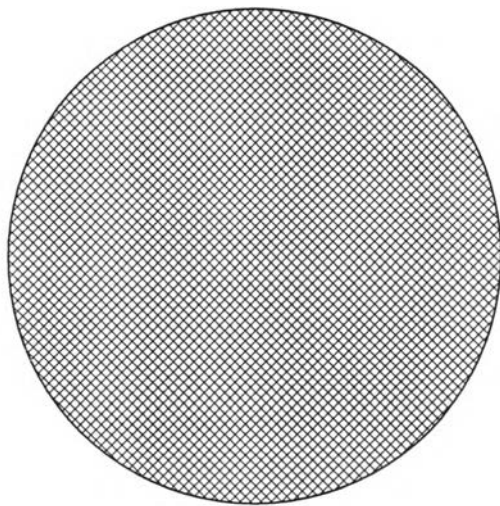


Scale 1 : 20		mm.
Name	Stack	

รูปที่ ข-5 แสดงปล่องควันจากทางออกของพัดลมดูดอากาศ

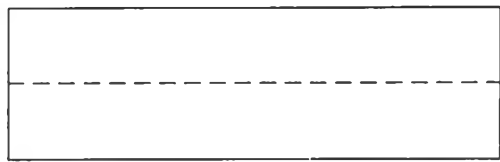


ตะแกรง



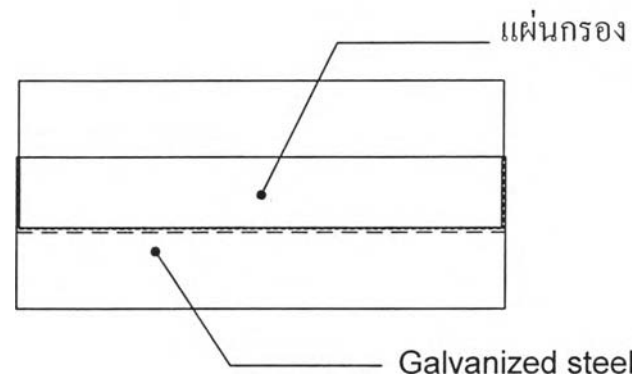
128

กล่องบน



129

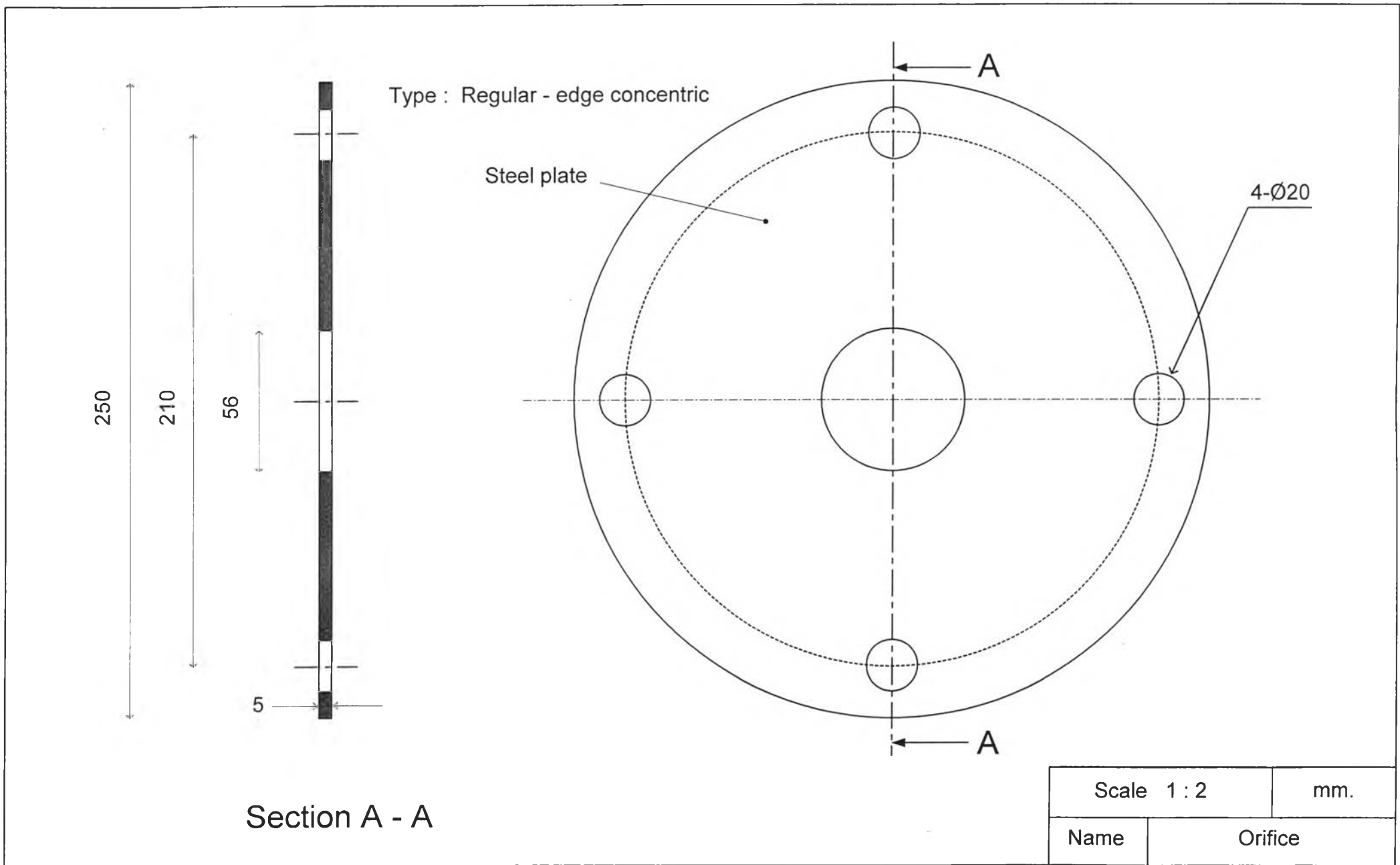
กล่องล่าง



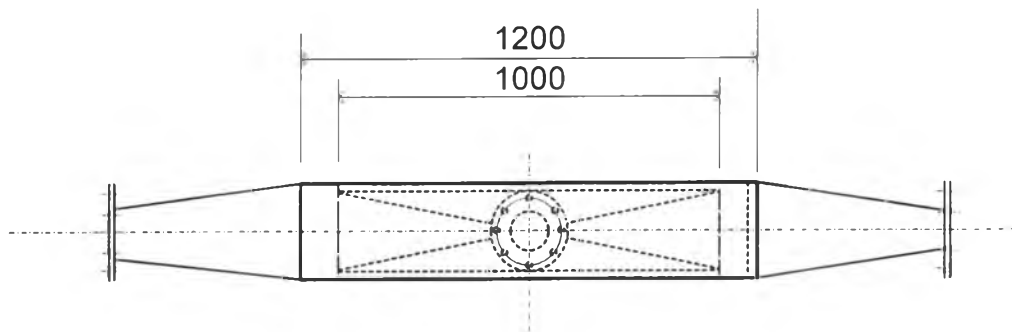
กล่องบนและกล่องล่างประกบกัน
โดยใส่แผ่นกรองระหว่างกลาง

Scale 1 : 2		mm.
Name	Filter box	

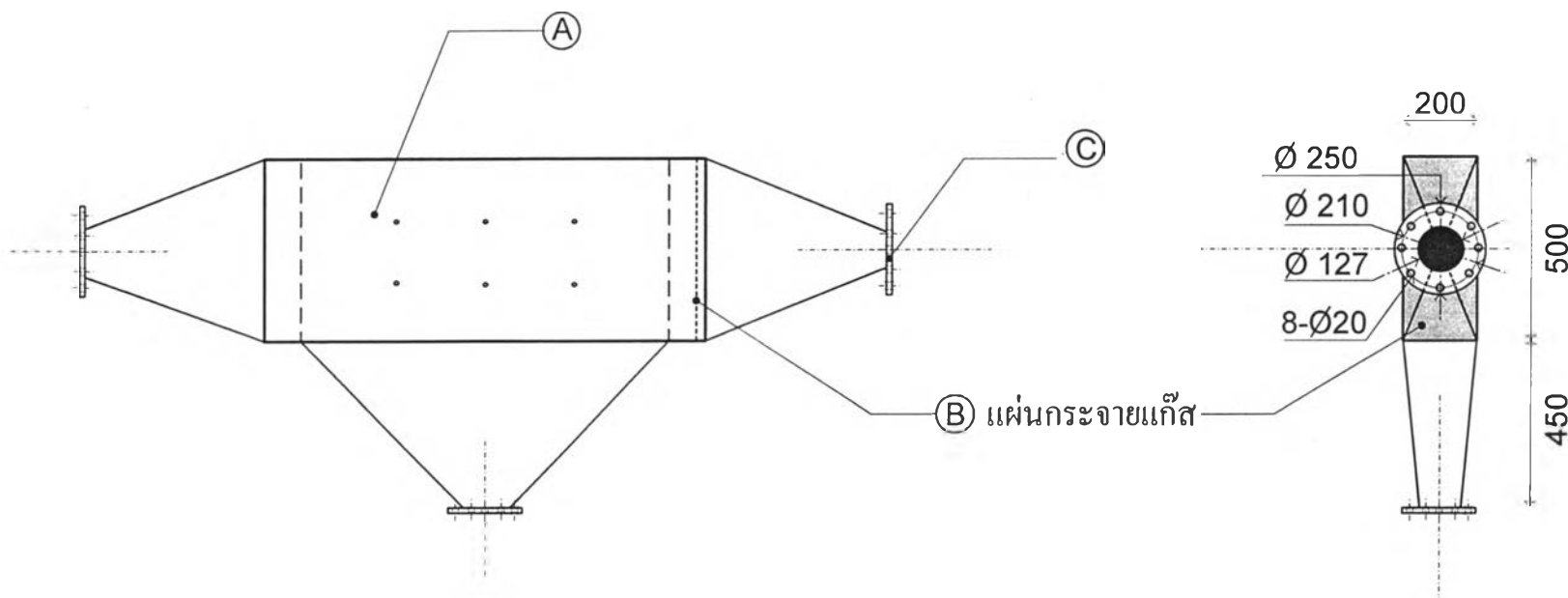
รูปที่ ช-6 แสดงกล่องใส่แผ่นกรอง



รูปที่ ช-7 แสดงขนาดแผ่นออริฟิช



Sym	Part name	Q'TY	Thickness	Remark
A	Settling chamber	1	-	Galvanized steel sheet
B	Distributor plate	1	-	Galvanized steel plate
C	Flange	3	-	Galvanized steel plate

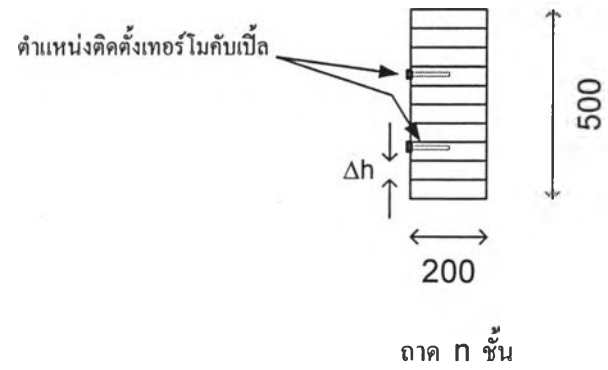
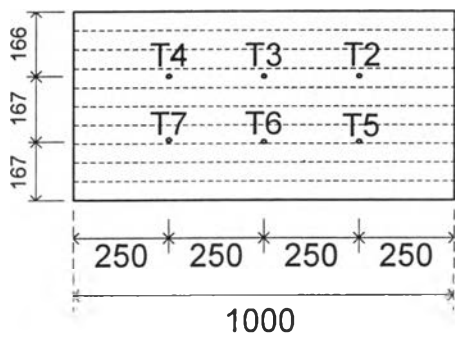


Scale	1 : 20	mm.
Name	Settling Chamber	

รูปที่ ข-8 แสดงขนาดเครื่องแยกอนุภาค



n =	$\Delta h, \text{mm}$
25	20
20	25
15	33



Scale 1 : 20	mm.
Name	Tray

รูปที่ ข-9 แสดงขนาดของชุดถาดที่ใส่ในเครื่องแยกอนุภาค

ประวัติผู้เขียน

นาย รุกขชาติ แอนครูว์ เกิดวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2513 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2536 เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรควบคุมการผลิตที่ บริษัท น้ำมัน คาลเท็กซ์ ประเทศไทย จำกัด ในปี พ.ศ. 2536 - 2538 และได้เข้าศึกษาต่อปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมเครื่องกลที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2538

