บทที่ 3

ทฤษฎี

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานของการอบแห้ง กลไกการอบแห้ง เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง ประเภทของเครื่องอบแห้ง ลักษณะการทำงานและส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม เชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงชีวมวล

3.1 ความรู้พื้นฐานของการอบแห้ง [12]

การอบแห้ง คือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย จะใช้ของไหลที่มีอุณหภูมิสูงกว่าวัสดุเป็นตัวกลางพาความร้อนให้มาสัมผัสกับวัสดุชื้น เมื่อวัสดุชื้นได้รับความร้อนอุณหภูมิของวัสดุก็จะเพิ่มสูงขึ้น และระเหยความชื้นออกสู่ตัวกลางที่ไหลผ่านไป ซึ่งมีผลให้ความชื้นของวัสดุลดลง การอบแห้งจะสิ้นสุดก็ต่อเมื่อวัสดุชื้นมีความชื้นสมดุลกับความชื้นของตัวกลางนั้น โดยทั่วไปแล้วตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนของการอบแห้งอาจใช้ ลมร้อน ก๊าซ หรือของเหลวอื่นๆ ก็ได้

พฤติกรรมของการอบแห้งโดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกันคือ เมื่ออบแห้งวัสดุชื้นด้วยลมร้อนที่มีปริมาณมาก ซึ่งมีความชื้นและความเร็วของลมร้อนคงที่ อุณหภูมิวัสดุจะค่อยๆเปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady-state) ที่สภาวะนี้อุณหภูมิของวัสดุชื้นจะคงที่ขณะเกิดการระเหย ซึ่งถ้าเป็นกรณีการอบแห้งด้วยวิธีสัมผัสกับลมร้อนโดยตรง (Direct Heating) อุณหภูมิของวัสดุชื้นจะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อน แต่ถ้าเป็นการอบแห้งด้วยวิธีให้ความร้อนทางอ้อม (Indirect Heating) อุณหภูมิวัสดุชื้นจะมีค่าอยู่บนเส้นความชื้นอิ่มตัวช่วงระหว่างอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อน ในช่วงสุดท้ายการระเหยจะเริ่มช้าลงและอุณหภูมิของวัสดุชื้นจะมีค่าสูงขึ้น

ปริมาณน้ำที่อยู่ในวัสดุที่ต้องการอบแห้ง จะนิยามในเทอมของความชื้น (Moisture content) ซึ่งจะอยู่ในรูปอัตราส่วนดังนี้

ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet-basis)

$$W_w = \frac{m - m_d}{m} \qquad (3.1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry-basis)

$$W_d = \frac{m - m_d}{m_d} \qquad (3.2)$$

และความสัมพันธ์ระหว่าง W_w และ W_d

$$W_w = \frac{W_d}{1 + W_d} \qquad (3.3)$$

$$W_d = \frac{W_w}{1 - W_w} \qquad (3.4)$$

เมื่อ

m – น้ำหนักวัสดุชื้น, kg

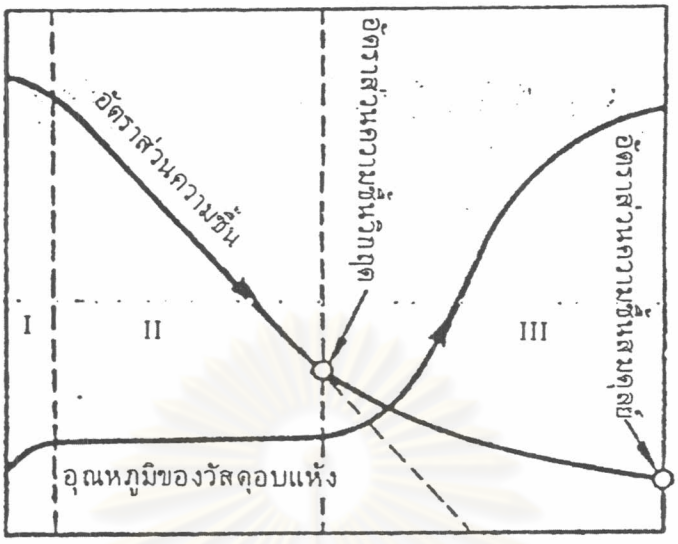
m_d – น้ำหนักวัสดุแห้ง, kg

W_w - ความชื้นมาตรฐานเปียก

W_d - ความชื้นมาตรฐานแห้ง

เมื่อวัสดุที่มีความชื้นสูงสัมผัสกับลมร้อนโดยวิธีใดวิธีหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องอบแห้ง วัสดุจะมีความชื้นลดลงเรื่อย ๆจนกระทั่งเข้าสู่ความชื้นสมดุลซึ่งวัสดุไม่สามารถถ่ายเทความชื้นต่อไปได้อีก ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่วางวัสดุเปียกชื้นภายในกระแสลมปริมาณมากที่มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่ ถ้าเราวัดการเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งนี้กับเวลาจะได้เส้นกราฟดังรูปที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 การเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งกับเวลา

3.1.1 กลไกการอบแห้ง

โดยทั่วไปการอบแห้งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 คือ ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ
ช่วงที่ 2 คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่
ช่วงที่ 3 คือ ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

1. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ (Heating up period)

ในช่วงนี้ความชื้นที่ผิวของวัสดุจะอยู่ในรูปน้ำอิสระ (ผิวอิ่มตัว) ถ้านำวัสดุชื้นนี้มาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขที่คงที่แล้ว ผลจากการถ่ายเทความร้อนจากลมร้อนจะทำให้อุณหภูมิของวัสดุมีค่าสูงขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อนที่ใช้อบแห้ง

2. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant rate drying period)

เมื่อผ่านช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุแล้ว อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อน ผิวของวัสดุยังอิ่มตัวอยู่ อุณหภูมิของวัสดุจะยังคงที่เท่ากับ

อุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อน ตราบใดที่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในรูปของน้ำที่ผิววัสดุ อัตราการระเหยที่ผิววัสดุมีค่าน้อยกว่าอัตราการแพร่ภายในวัสดุ ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับในช่วงนี้จะถูกใช้ในการระเหยความชื้นเพียงอย่างเดียว และมีความเร็วของการระเหยคงที่ขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาที่ผิวของวัสดุ

จาก

$$h_{fg}\frac{dW}{dt} = h_c A(T_a - T_s)$$

$$\frac{dW}{dt} = \frac{h_c A}{h_{fg}}(T_a - T_s)$$

ดังนั้นอัตราการอบแห้งมีค่าเท่ากับ

$$R_d = \frac{1}{A}\frac{dW}{dt} = \frac{h_c}{h_{fg}}(T_a - T_s)$$

และถ้าพิจารณาที่การถ่ายเทของมวลจะได้ว่า

$$R_d = k_H (H_{sat} - H) \qquad (3.5)$$

เมื่อ

R_d - อัตราการอบแห้ง ($kg/s.m^2$)
dW/dt - อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุต่อเวลา (kg/s)
h_c - สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพา ($kW/m^2°C$)
A - พื้นที่ของวัสดุ (m^2)
T_a - อุณหภูมิลมร้อน (°C)
T_s - อุณหภูมิผิววัสดุ (°C)
H - ความชื้นลมร้อน (kg/kg)
H_{sat} - ความชื้นอิ่มตัวของลมร้อน (kg/kg)
h_{fg} - ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ (kJ/kg)
k_H - สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล ($kg/s.m^2$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความเร็วของการระเหยในช่วงนี้จะถูกควบคุมโดยเงื่อนไขภายนอกและสามารถปรับได้โดยการปรับเปลี่ยนสภาวะภายนอก เช่น ความเร็ว ความชื้น และอุณหภูมิของลมร้อน

3. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate drying period)

ในช่วงนี้ความชื้นของน้ำที่ผิววัสดุได้หมดไป เพราะอัตราของการแพร่ภายในวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับอัตราการระเหยที่ผิววัสดุ สภาวะของอุณหภูมิกระเปาะเปียกคงที่จะหายไป ความร้อนที่ได้รับในช่วงนี้จะถูกใช้ทั้งระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ ความเร็วของการระเหยความชื้นจึงลดลงและอุณหภูมิของวัสดุมีค่าสูงขึ้น ค่าความชื้นของวัสดุที่เปลี่ยนจากช่วงอัตราการอบแห้งคงที่เป็นอัตราการอบแห้งลดลงนี้ เรียกว่า ความชื้นวิกฤต W_c (Critical moisture content)

เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในไม่เพียงพอที่จะทำให้ผิวนอกของวัสดุอยู่ในสภาวะอิ่มตัวได้ พื้นผิวเปียกนี้ (Plane of Evaporation) จะลดลงเรื่อยๆจากผิวนอกเข้าสู่ภายในเนื้อวัสดุ เมื่อระนาบของการระเหยเคลื่อนตัวถึงจุดศูนย์กลางของวัสดุ การอบแห้งก็จะสิ้นสุดลง ค่าความชื้นของวัสดุจะมีค่าเท่ากับความชื้นสมดุล W_e (Equilibrium moisture content)

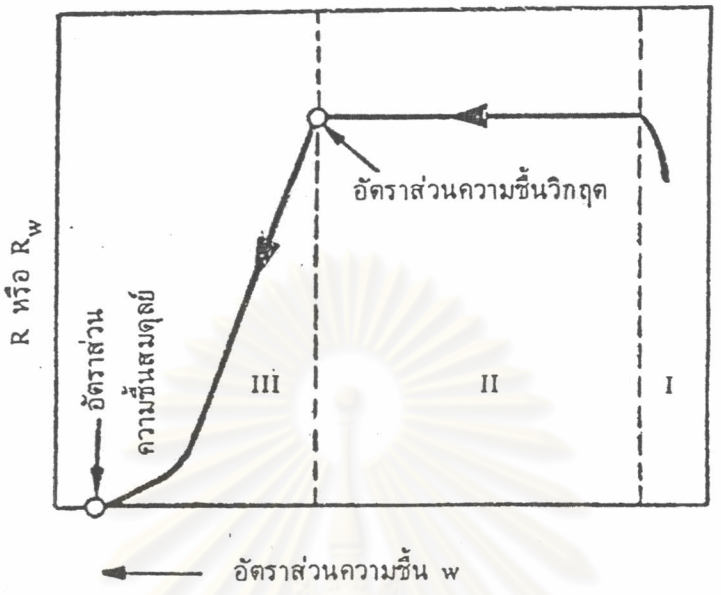
ความชื้นเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์กลางของวัสดุสู่ระนาบของการระเหยโดยแรงคาปิลลารี (Capillary forces) หรือโดยการแพร่ของของเหลว (Liquid diffusion)

ในกรณีของวัสดุที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่ เริ่มแรกการเคลื่อนตัวของน้ำภายในเนื้อวัสดุจะเกิดขึ้นโดยแรงคาปิลลารี หลังจากน้ำที่อยู่ตามรูพรุนระเหยหมดแล้ว การเคลื่อนตัวของน้ำภายในเนื้อวัสดุจะเป็นการแพร่

ความเร็วของการระเหยในช่วงนี้จะถูกควบคุมโดยเงื่อนไขภายใน ได้แก่ รูปร่าง, องค์ประกอบ และความชื้นสมดุลของวัสดุ

เส้นกราฟที่ได้จากการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งทั้ง 3 ช่วงและความชื้นของวัสดุ เรียกว่า เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง ดังรูปที่ 3.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

การอบแห้งวัสดุเปียกที่อยู่ในความสนใจ เราจำเป็นต้องรู้คุณสมบัติอบแห้งของวัสดุนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง จำเป็นสำหรับการประเมินเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งแม้แต่ในกรณีที่ไม่สามารถหาเส้นกราฟนี้ได้ ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นสมดุล และความชื้นวิกฤต เป็นสิ่งที่ขาดเสียไม่ได้ โดยทั้งปริมาณความชื้นวิกฤตและเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการสัมผัสระหว่างวัสดุกับลมร้อน ลักษณะของการสัมผัสนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องอบแห้ง ขนาด และรูปทรงของวัสดุอบแห้ง

ยกตัวอย่าง กรณีของวัสดุที่เป็นอนุภาค ถ้าอนุภาคทุกชิ้นอยู่อย่างกระจัดกระจายในระหว่างการอบแห้ง ดังในเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (Pneumatic conveying dryer) หรือ แบบหมุน (Rotary dryer) ทำให้พื้นที่ของการอบแห้งมีค่าเพิ่มมากขึ้น และอัตราส่วนความชื้นวิกฤตจะมีค่าน้อยลง ทำให้มีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ยาวขึ้น ผลก็คือสามารถทำการอบแห้งในเสร็จในระยะเวลาอันสั้นเพราะมีอัตราการระเหยสูง

ในทางตรงกันข้ามถ้าวัสดุอนุภาคนี้ถูกวางกองรวมกันเพื่ออบแห้งโดยการเป่าลมร้อนขนานกับผิวบน ลมร้อนบางส่วนเท่านั้นที่สามารถแทรกซึมเข้าไปในกองวัสดุได้ กรณีนี้อัตราส่วนความชื้นวิกฤตจะมีค่าสูงกว่า และอัตราการอบแห้งจะลดลงอย่างมากด้วย

3.1.2 ทฤษฎีการแพร่ของของเหลว [11]

พิจารณาการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในเนื้อวัสดุเป็นการแพร่ของของเหลว เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของน้ำระหว่างอากาศและผิวของวัสดุ อธิบายโดยสมการการแพร่ที่สภาวะไม่คงตัว (Unsteady-state diffusion equation) ในระบบแกนมุมฉาก

$$\frac{\partial W}{\partial t} = D\left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2}\right]$$

สมการข้างต้นจะใช้พิจารณาวัสดุที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม (long slap) ส่วนวัสดุที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมและทรงกระบอกจะใช้สมการในระบบแกนทรงกระบอกและแกนทรงกลมแทน สำหรับผลเฉลยทั่วไปของสมการในระบบแกนมุมฉาก คือ

$$\frac{W - W_e}{W_i - W_e} = \frac{8}{\pi^2}\exp\left[-Dt\left(\frac{\pi}{2l}\right)^2\right] + \frac{1}{9}\exp\left[-9Dt\left(\frac{\pi}{2l}\right)^2\right] +$$

$$\frac{1}{25}\exp\left[-25Dt\left(\frac{\pi}{2l}\right)^2\right] + \ldots \qquad (3.6)$$

เมื่อ

l - ความหนาของวัสดุ
W - ความชื้นของวัสดุ
W_i - ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ
W_e - ความชื้นสมดุลของวัสดุ
t - เวลา

กรณีที่ l มีค่าน้อยๆ และ D มีค่ามาก ผลรวมของเทอมที่ 2, 3, ... มีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับเทอมที่ 1 สมการที่ 3.6 จะลดรูปเป็น

$$\frac{W - W_e}{W_i - W_e} = a\exp(-kt) \qquad (3.7)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

a = 1

k – drying constant

$$= D\left(\frac{\pi}{2l}\right)^2$$

t - เวลา

นักวิจัยหลายคนได้พัฒนา Empirically Based Equations เมื่อสมการที่ 3.7 ให้ผลไม่สอดคล้องกับการทดลอง

Page [13] ได้ทดลองอบแห้ง shell corn พบว่าจำเป็นต้องเพิ่มตัวแปร n ในสมการที่ 3.7 เพื่อให้ได้ผลสอดคล้องกับการทดลอง

$$\frac{W - W_e}{W_i - W_e} = \exp\left(-k't^n\right) \qquad (3.8)$$

โดย

k – drying constant

t - เวลา

Thompson [14] ได้เสนอสมการของการอบแห้งข้าวโพดเพื่อให้ได้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองของเขา

$$t = A \ln\frac{W - W_e}{W_i - W_e} + B\left(\ln\frac{W - W_e}{W_i - W_e}\right)^2 \qquad (3.9)$$

โดย

t - เวลา

A = 0.00514289 T – 0.785175

B = 12.038105 exp (-0.0527455 T)

Wang [15] ได้เสนอสมการกำลังสองสำหรับการอบแห้งข้าวเมล็ดยาว

$$\frac{W - W_e}{W_i - W_e} = 1 + A_1 t + B_1^2 t \qquad (3.10)$$

3.2 ประเภทของเครื่องอบแห้ง [16]

เครื่องอบแห้งสามารถแบ่งตามลักษณะของเบด (bed) ได้เป็น 4 แบบ คือ

1. Static เบดลักษณะนี้วัสดุจะถูกวางกองรวมกันบนถาด (dense bed) โดยลมร้อนจะถูกเป่าผ่านทางด้านบน ยกตัวอย่างเช่น เครื่องอบแห้งแบบ tray dryer ดังรูปที่ 3.3

2. Moving เบดลักษณะนี้วัสดุจะค่อนข้างกระจายตัว โดยการกระทำของกลไก (mechanism) และแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้การอบแห้งดีขึ้น ยกตัวอย่างเช่น เครื่องอบแห้งแบบโรตารี่ ดังรูปที่ 3.4

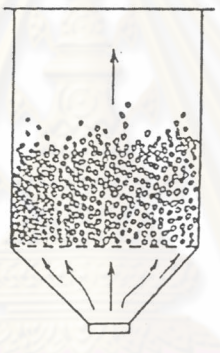
3. Fluidized เบดลักษณะนี้วัสดุจะลอยตัวขึ้นลงกระจัดกระจายอยู่ในกระแสลมร้อนอย่างไม่คงตัว (unstable) แต่ความเร็วของลมร้อนไม่เพียงพอที่จะยกวัสดุทั้งหมดให้ลอยไปกับกระแสลมร้อนได้ วัสดุจะมีพฤติกรรมคล้ายของไหล ความเร็วลมร้อนต่ำสุดที่ทำให้เกิด fluidized bed นี้ เรียกว่า minimum fluidization velocity ยกตัวอย่างเช่น เครื่องอบแห้งแบบ fluidized bed ดังรูปที่ 3.5

4. Dilute เบดลักษณะนี้วัสดุจะกระจัดกระจายอย่างสมบูรณ์ในกระแสลมร้อน โดยความเร็วของลมร้อนมีค่ามากกว่า terminal settling velocity ทำให้วัสดุทั้งหมดถูกยกและขนถ่ายไปตามกระแสลมร้อน ไหลไปตามท่อออบอย่างต่อเนื่อง ยกตัวอย่างเช่น เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม ดังรูปที่ 3.6

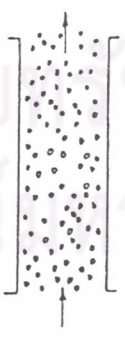
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.3 Tray dryer

รูปที่ 3.4 Rotary dryer with lifters



รูปที่ 3.5 Fluized bed dryer



รูปที่ 3.6 Pneumatic conveying dryer

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

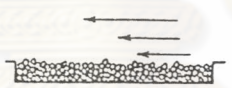
นอกจากแบ่งตามลักษณะของเบดแล้วยังสามารถแบ่งตามลักษณะการสัมผัสกันระหว่างวัสดุและลมร้อน หรือลักษณะการไหลของลมร้อนได้ดังนี้

1. Parallel flow ลมร้อนไหลขนานกับผิวด้านบนของกองวัสดุ วัสดุจะสัมผัสกับลมร้อนที่บริเวณผิวด้านบนเป็นส่วนใหญ่ และมีลมร้อนบางส่วนลอดเข้าไปภายในกองวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 การสัมผัสลักษณะนี้จะเกิดใน static bed

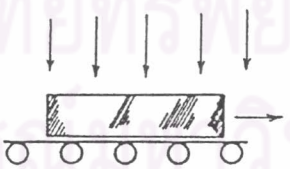
2. Perpendicular flow ลมร้อนจะไหลตั้งฉากกับผิวของกองวัสดุ เช่นเดียวกันการสัมผัสลักษณะนี้จะเกิดใน static bed ดังแสดงในรูปที่ 3.8

3. Through circulation ลมร้อนจะไหลทะลุผ่านช่องว่างระหว่างอนุภาคของวัสดุ การสัมผัสลักษณะนี้จะเกิดขึ้นได้ทั้ง static bed, moving bed, fluidized bed และ dilute bed ดังแสดงในรูปที่ 3.9

4. Cross flow ลมร้อนไหลตัดผ่านการเคลื่อนที่ของวัสดุ การสัมผัสลักษณะนี้จะเกิดขึ้นใน moving bed ดังแสดงในรูปที่ 3.10

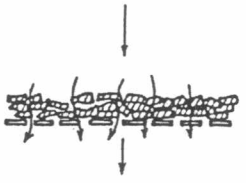


รูปที่ 3.7 Parallel flow

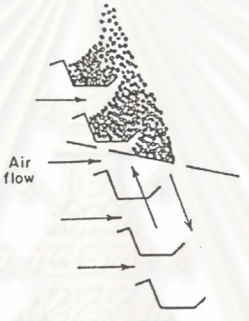


รูปที่ 3.8 Perpendicular flow

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.9 Through circulation



รูปที่ 3.10 Cross flow

3.3 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมเป็นเครื่องอบแห้งแบบ Dilute bed วัสดุจะถูกพาให้เคลื่อนที่ไปตามท่อที่อยู่ในแนวดิ่งโดยลมร้อน เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมอย่างง่าย ประกอบด้วย ท่ออบแห้ง ซึ่งจะเป็นท่อที่มีลมร้อนและวัสดุไหลอยู่ภายใน วัสดุชื้นจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่าง ลมร้อนจากแหล่งให้ความร้อนจะเป็นตัวพัดพาวัสดุชื้นลอยไปตามท่ออบแห้ง ทำให้เกิดการอบแห้งขึ้น เนื่องมาจากความเร็วสัมพัทธ์ของวัสดุและลมร้อนระหว่างที่ลมร้อนพาวัสดุไปตามท่อ เนื่องจากวัสดุลอยกระจัดกระจายอย่างสมบูรณ์ในท่ออบแห้งทำให้วัสดุและลมร้อนสัมผัสกันอย่างเต็มที่จึงมีพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลต่อหน่วยปริมาตรห้องอบสูงเมื่อเทียบกับเครื่องอบแบบอื่น ใช้ระยะเวลาในการอบน้อย และมีกำลังการผลิตสูงเนื่องจากเป็นกระบวนการแบบต่อเนื่อง

ส่วนประกอบหลักของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

1. เครื่องป้อนวัสดุ ทำหน้าที่ป้อนวัสดุเปียกเข้าสู่ท่ออบแห้ง

2. ท่ออบแห้ง

3. อุปกรณ์แยกวัสดุ เป็นอุปกรณ์แยกวัสดุและลมร้อน โดยลมร้อนจะลอยออกทางด้านบนส่วนวัสดุตกลงทางด้านล่าง โดยทั่วไปนิยมใช้ ไซโคลน

3.4 เชื้อเพลิง [17]

เชื้อเพลิง หมายถึง สารที่เมื่อทำปฏิกริยากับออกซิเจนในอากาศที่อุณหภูมิติดไฟแล้วจะเผาไหม้ให้พลังงานความร้อนออกมา ธาตุองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของเชื้อเพลิงคือ คาร์บอน และไฮโดรเจน

ลักษณะของเชื้อเพลิงที่ดี

1. เผาไหม้ได้ง่ายและสามารถควบคุมการเผาไหม้ได้
2. มีค่าความร้อนสูง
3. ราคาไม่แพง
4. เมื่อเผาไหม้แล้วให้สารมลพิษในระดับต่ำ
5. ง่ายต่อการลำเลียง ขนส่ง และเก็บรักษา
6. มีความปลอดภัยทั้งเวลาใช้และเก็บรักษา

ประเภทของเชื้อเพลิง

1. เชื้อเพลิงแข็ง ได้แก่ ถ่านหิน ถ่านไม้ ฟืน เป็นต้น
2. เชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด เป็นต้น
3. เชื้อเพลิงก๊าซ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซหุงต้ม (LPG) เป็นต้น

เชื้อเพลิงชีวมวล (biomass)

เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ประเภทของเชื้อเพลิงชีวมวลแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. เชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากไม้ (forest biomass) ซึ่งสามารถแยกออกเป็นไม้เนื้ออ่อน (softwood) และไม้เนื้อแข็ง (hardwood)

2. เชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากการเกษตร (agriculture biomass) ส่วนใหญ่จะเป็นของเหลือใช้จากการเกษตร เช่น แกลบ เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น

3. เชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากอุตสาหกรรม (industrial biomass) เช่น เชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล คือ กากอ้อย (bagasse)

4. เชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากของเหลือใช้จากคน (domestic biomass) เช่น ขยะของเทศบาล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย