

การวิเคราะห์การอบแห้งชานอ้อยโดยใช้แก๊สทิ้งของหม้อไอน้ำ

นิวัฒน์ ตำนานทอง *

บทคัดย่อ

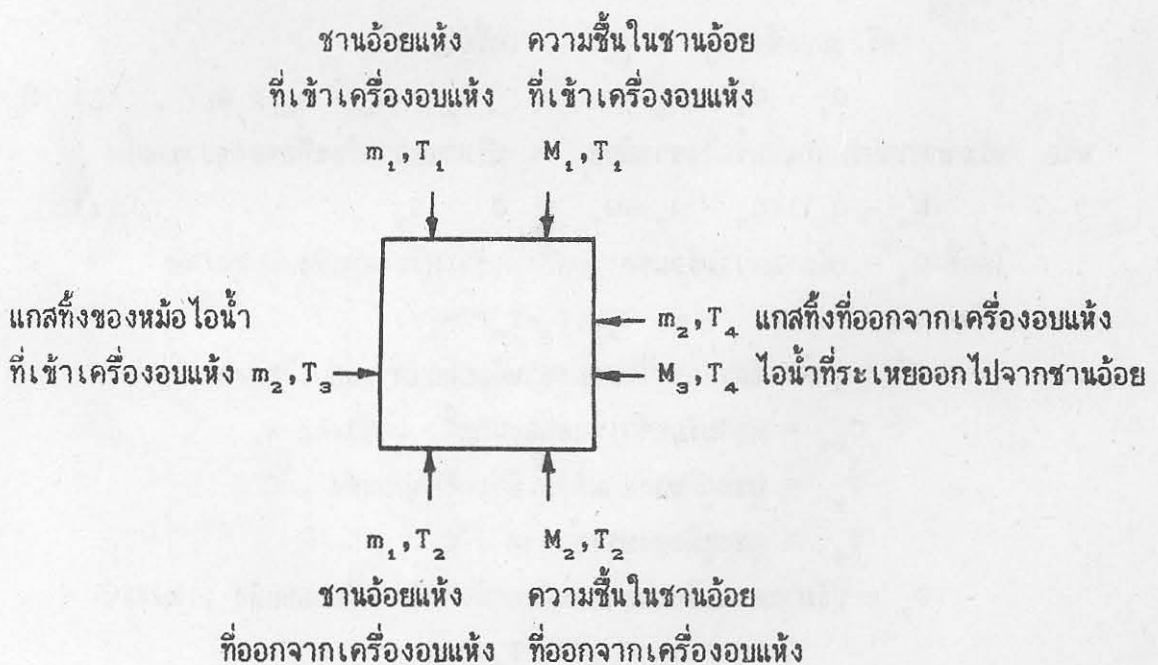
บทความฉบับนี้ แสดงถึงการนำหลักการของการสมดุลของมวล, การสมดุลของความร้อนและสมการของตัวแลกเปลี่ยนความร้อนในการหาปริมาณของชานอ้อยที่ประหยัดได้จากการใช้แก๊สทิ้งของหม้อไอน้ำมาไล่ความชื้นออกไปจากชานอ้อยก่อนที่จะนำชานอ้อยไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำต่อไป

1. บทนำ

ชานอ้อยที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำในปัจจุบันนี้ มีปริมาณความชื้นสูงมาก (ประมาณ 50 %) ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำต่ำ ถ้าเรานำเอาแก๊สทิ้งของหม้อไอน้ำซึ่งมีอุณหภูมิสูงมาไล่ความชื้นออกไปจากชานอ้อยก่อนที่จะนำชานอ้อยไปใช้เป็นเชื้อเพลิง จะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำสูงขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นยังทำให้เราสามารถประหยัดการใช้ชานอ้อยได้ด้วย และชานอ้อยส่วนที่เหลือนั้นสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆได้ต่อไป

2. การวิเคราะห์การอบแห้งของชานอ้อย

พิจารณาปริมาตรควบคุมของเครื่องอบแห้งดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปริมาตรควบคุมของเครื่องอบแห้ง

* อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ในการวิเคราะห์การอบแห้งของชานอ้อย โดยใช้แก๊สทิ้งของหม้อไอน้ำสามารถทำได้ โดยอาศัยหลักการต่อไปนี้

- ก. การสมดุลย์ของมวล (Mass balance)
- ข. การสมดุลย์ของความร้อน (Heat balance)
- ค. สมการของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger equation)

2.1 การสมดุลย์ของมวล

มวลทั้งหมดที่เข้าเครื่องอบแห้ง = มวลทั้งหมดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง

$$m_1 + m_2 + M_1 = m_1 + m_2 + M_2 + M_3 \quad (1)$$

จะได้ว่า $M_3 = M_1 - M_2 \quad (2)$

โดยที่ m_1 = อัตราการไหลของชานอ้อยแห้งที่เข้าและออกจากเครื่องอบแห้ง , kg/h

m_2 = อัตราการไหลของแก๊สทิ้ง , kg/h

M_1 = อัตราการไหลของความร้อนในชานอ้อยที่เข้าเครื่องอบแห้ง , kg/h

M_2 = อัตราการไหลของความร้อนในชานอ้อยที่ออกจากเครื่องอบแห้ง, kg/h

M_3 = อัตราการระเหยของไอน้ำที่ออกไปจากชานอ้อย , kg/h

2.2 การสมดุลย์ของความร้อน

ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เข้า = ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 \quad (3)$$

หรือ ปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นในชานอ้อย = ปริมาณความร้อนที่ลดลงของแก๊สทิ้ง

$$(Q_4 - Q_2) + (Q_5 - Q_3) + Q_7 = Q_1 - Q_6 \quad (4)$$

โดยที่ Q_1 = ปริมาณความร้อนของแก๊สทิ้งที่เข้าเครื่องอบแห้ง , kJ/kg

$$Q_1 = m_2 C_{p2} (T_3 - T_0) / m_3$$

เมื่อ m_3 = อัตราการไหลของชานอ้อยก่อนการอบ , kg/h

C_{p2} = ความร้อนจำเพาะของแก๊สทิ้ง , kJ/kg K

T_3 = อุณหภูมิของแก๊สทิ้งที่เข้าเครื่องอบแห้ง , °C

T_0 = อุณหภูมิของบรรยากาศ , °C

Q_2 = ปริมาณความร้อนของชานอ้อยแห้งที่เข้าเครื่องอบแห้ง , kJ/kg

$$Q_2 = m_1 C_{p1} (T_1 - T_0) / m_3$$

เมื่อ C_{p1} = ความร้อนจำเพาะของชานอ้อยแห้ง , kJ/kg K

T_1 = อุณหภูมิของชานอ้อยที่เข้าเครื่องอบแห้ง , °C

Q_3 = ปริมาณความร้อนเนื่องมาจากความชื้นในชานอ้อยที่เข้าเครื่องอบแห้ง , kJ/kg

$$Q_3 = M_1 (h_{f1} - h_{fo}) / m_3$$

เมื่อ h_{f1} = เอนทัลปีจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิ T_1 , kJ/kg

h_{fo} = เอนทัลปีจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิ T_o , kJ/kg

Q_4 = ปริมาณความร้อนของชานอ้อยแห้งที่ออกจากเครื่องอบแห้ง , kJ/kg

$$Q_4 = m_1 C_{p1} (T_2 - T_o) / m_3$$

เมื่อ T_2 = อุณหภูมิของชานอ้อยที่ออกจากเครื่องอบแห้ง , °C

Q_5 = ปริมาณความร้อนเนื่องมาจากความชื้นในชานอ้อยที่ออกจากเครื่องอบแห้ง , kJ/kg

$$Q_5 = M_2 (h_{f2} - h_{fo}) / m_3$$

เมื่อ h_{f2} = เอนทัลปีจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิ T_2 , kJ/kg

Q_6 = ปริมาณความร้อนของแก๊สที่ออกจากเครื่องอบแห้ง , kJ/kg

$$Q_6 = m_2 C_{p2} (T_4 - T_o) / m_3$$

เมื่อ T_4 = อุณหภูมิของแก๊สที่ออกจากเครื่องอบแห้ง , °C

Q_7 = ปริมาณความร้อนของไอน้ำที่ระเหยออกไปจากชานอ้อย , kJ/kg

$$Q_7 = M_3 (h_{g4} - h_o) / m_3$$

เมื่อ h_{g4} = เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำที่อุณหภูมิ T_4 , kJ/kg

2.3 สมการของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน

$$E = Q_{actual} / Q_{max} \quad (5)$$

$$= \frac{m_2 C_{p2} (T_3 - T_4)}{[m_1 C_{p1} (T_3 - T_1) + M_2 (h_{f3} - h_{f1}) + M_3 (h_{g3} - h_{f1})]} \quad (6)$$

เมื่อ h_{f3} = เอนทัลปีจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิ T_3 , kJ/kg

h_{g3} = เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำที่อุณหภูมิ T_3 , kJ/kg

ปริมาณชานอ้อยที่ประหยัดได้ = $\frac{\text{ปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นในชานอ้อย}}{\text{ค่าความร้อนสูงของชานอ้อยขณะเผาไหม้}}$

3. ข้อมูล

อุณหภูมิของบรรยากาศ	32.5 °C
อุณหภูมิของแก๊สทิ้ง	196 °C
อัตราการไหลของชานอ้อยขึ้น	23734 kg/h
ปริมาณความชื้นใน 1 kg ของชานอ้อย	0.5095 kg

ความร้อนจำเพาะของชานอ้อยแห้ง	1.382 kJ/kg K
อัตราการไหลของแก๊สทิ้ง	158453 kg/h
ความร้อนจำเพาะของแก๊สทิ้ง	1 kJ/kg K
ค่าความร้อนสูงของชานอ้อยขณะเผาไหม้	8818.7 kJ/kg

4. ผลลัพธ์

สมมติให้ประสิทธิภาพ (Effectiveness) ของตัวแลกเปลี่ยนความร้อนเป็น 0.7

จะคำนวณได้ว่า ปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นในชานอ้อย = 629.82 kJ/kg

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณชานอ้อยที่ประหยัดได้} &= 629.82 \times 23734 / 8818.7 \\ &= 1695.05 \text{ kg/h}\end{aligned}$$

ถ้าในฤดูหีบอ้อยทำงาน 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 90 วัน

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณชานอ้อยที่ประหยัดได้ทั้งหมด} &= 1695.05 \times 90 \times 24 / 1000 \\ &= 3661.3 \text{ tons}\end{aligned}$$

5. บทสรุป

วิธีวิเคราะห์การอบแห้งชานอ้อยโดยใช้แก๊สทิ้งของหม้อไอน้ำตามที่แสดงข้างต้นนี้ทำให้เราสามารถหาปริมาณชานอ้อยที่ประหยัดได้ ในแง่ของเชิงเศรษฐศาสตร์การใช้ความร้อนของแก๊สทิ้งไปไ้ลดความชื้นออกจากชานอ้อยก่อนที่จะส่งชานอ้อยเข้าไปในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำจะคุ้มหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับราคาของเครื่องอบแห้ง ความต้องการและราคาของชานอ้อยในขณะนั้น

6. หนังสืออ้างอิง

1. Meade, G.P. and Chen, J.C.P. 1977, Cane Sugar Handbook, 10th Edition, John Wiley & Sons, Inc.
2. Holman, J.P. 1981, Heat Transfor, 5th Edition, McGraw Hill International Book Company.
3. Tamnanthong, N. 1986, Thermal Analysis of a Sugar Mill, M.Eng. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
4. Earle, R.L. 1983, Unit Operations in Food Processing, Pergamon Press.

ประวัติผู้เขียน

นายนิวัฒน์ ตำนานทอง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น และปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีพลังงาน จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปัจจุบันรับราชการเป็นอาจารย์อยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น