ภาคผนวก จ.

ตังอย่างการคำนวณ

การเลือกใช้ขนาด Heater

Heater ที่ใช้ในการให้ความร้อนกับระบบถังหมักแบบกวนผสมสมบูรณ์เป็นแบบ**ฮีทเตอร์จุ่ม (Immersion Heater)**ทำจาก Tubular Heater ที่ดัดเป็นรูปตัว U และเชื่อมติดกับเกลียวซึ่งมีขนาดเกลียว 1” ฮีทเตอร์ แบบจุ่มเหมาะสำหรับใช้กับของเหลว เช่น ต้มน้ำและอุ่นน้ำมัน การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีทเตอร์แบบ เกลียวเข้าไป โดยตัวฮีทเตอร์ขนานกับพื้นถัง ควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีทเตอร์โผล่พ้นของเหลว เนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อนจัดเกินไป ทำให้อายุการใช้งานสั้น และเพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึง ควรติดตั้งใบพัดกวนของเหลวด้วย ขนาดฮีตเตอร์รวมทั้งค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร แรงดัน 220,380 V ขนาด 4500 วัตต์

การควบคุมในการใช้ในการให้ความร้อนกับระบบถังหมัก

1. ทำการต่อเข้ากับระบบถังหมักทางด้านข้างโดยให้จุ่มกับของเหลวในแนวนอนที่มีใบกวนของถังหมักเพื่อให้ความร้อนสามารถกระจายสม่ำเสมอทั่วถัง
2. ต่อระบบฮีตเตอร์เข้ากับระบบเซนเซอร์เมื่ออุณหภูมิถึงช่วงที่เรากำหนดจะสามารถตัดวงจรอัตโนมัติและเมื่ออุณหภูมต่ำกว่าที่ตั้งไว้ระบบฮีตเตอร์จะเริ่มทำงานอัตโนมัติ
3. โดยจะทำการทดสอบกับของเหลวที่ใช้ก่อนโดยมีตัววัดอุณหภูมิเป็นตัวกำหนดที่จะสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงานหรือหยุดทำงาน

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) ของอากาศที่ผนังด้านนอกถังหมัก

T_w = 50 ℃ *หรือ* 323 K

T_∞ = 20 ℃ *หรือ* 293 K

$$T_f = \frac{T_w - T_\infty}{2} = \frac{323+293}{2} = 308 \text{ K}$$

เปิดตาราง Pro perties of air at atmospheric pressure

$v = 16.50 \times 10^{-6}$ m^2/s , Pr = 0.706, $\beta = \frac{1}{308} = 3.24 \times 10^{-3}$ K

จาก $G_r P_r = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)d^3}{v^2} P_r$

$$= \frac{(9.81)(3.24\times10^{-3})(50-20)(0.7)^3}{(16.50\times10^{-6})^2}$$

$\therefore\ G_rP_r = 8.481 \times 10^8$

จะเห็นว่าค่าG_rP_r อยู่ในช่วง $10^4 < G_rP_r > 10^9$; เป็นการไหลแบบ Laminar

ดังนั้นใช้สมการ $h = 1.42(\frac{\Delta T}{L})^{1/4}$

แทนค่า $h = 1.42(\frac{50-20}{1.52})^{1/4} = 2.99\ {}^{W}/_{m\cdot ^\circ C}$

$\therefore\ h = 2.99\ {}^{W}/_{m\cdot ^\circ C}$

การคำนวณหาขนาด Heater

กำหนด อุณหภูมิภายในถัง 50 ^{0}C

อุณหภูมิภายนอกถัง 20 ^{0}C

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) = 2.99 W/m^{20}C

ค่าสภาพการนำความร้อน (k) = 15 W/m^{0}C

ถังหมักก๊าซมีเทน ขนาด 500 ลิตร

r_1 = 0.32 m , r_2 = 0.35 m , L=1.52 m

ความต้านทานของผนัง

$$R_1 = \frac{\ln(d_2/d_1)}{2\pi Lk} = \frac{\ln(0.7/0.64)}{2\pi(1.52)(15)} = 0.0006\ {}^{C}/_{W}$$

$$R_2 = \frac{1}{2\pi d_2 Lh} = \frac{1}{2\pi(0.7)(1.52)(2.99)} = 0.05\ {}^{C}/_{W}$$

$$R_{\text{รวมผนังด้านข้าง}} = 0.0006 + 0.0500 = 0.0506\ {}^{C}/_{W}$$

$$Q_{\text{ผนังด้านข้าง}} = \frac{T_w - T_\infty}{R_{\text{รวมผนังด้านข้าง}}} = \frac{(50-20)}{0.0506}\ \frac{c}{{}^{C}/_{W}} = 592.88\ \text{Watt}$$

ดังนั้น

$Q_{\text{ผนังด้านข้าง}} = 593\ \text{Watt}$

ความต้านทานของผนังด้านบน

$$R_3 = \frac{\Delta x}{kA} = \frac{0.03}{15\pi(0.35)^2} = 5.197 \times 10^{-3}\ \ {}^{C}/_{W}$$

$$R_4 = \frac{1}{hA} = \frac{1}{2.99\pi(0.35)^2} = 0.869\ \ {}^{C}/_{W}$$

$$R_{\text{รวมผนังด้านบน}} = 0.005197 + 0.869 = 0.874\ \ {}^{C}/_{W}$$

$Q_{\text{ผนังด้านบน}} = \frac{T_w - T_\infty}{R_{\text{รวมผนังด้านบน}}} = \frac{(50-20)}{0.874}\ \frac{c}{c/w} = 34$ Watt

เนื่องจากถังมีผนังด้านบนและด้านล่าง ดังนั้นจึงนำ $Q_{\text{ผนังด้านบน}}$ มาคูณ2 จะได้ 34 x2 = 68 Watt จากนั้น นำค่า Q ทั้งหมดมารวมกันก็จะได้

$Q_{\text{ผนังด้านข้าง}} + Q_{\text{ผนังด้านบน}} = 592 + 68 = 660$ Watt

คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า

$Q = m_{cp}\frac{\Delta T}{\Delta t}$

จาก $m = \rho V = (1000\ {}^{\text{kg}}/_{\text{m}^3})(0.35\ \text{m}^3) = 350$ kg

จะได้ $Q = \frac{(350\ \text{kg})\left(4.18\ {}^{\text{kJ}}/_{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}\right)(30\ ^\circ\text{C})}{7200\ \text{s}} = 6.096\ {}^{\text{kJ}}/_{\text{s}}$

∴ Q = 6.096 kW

นำค่า Q จากการถ่ายเทความร้อนของผนังมารวมกับค่า Q ที่หาค่ากำลังไฟฟ้า จะได้

∴ *6.096 kW + 660 W = 6756 w* หรือ *6.756 kW* แต่เนื่องจากการทำงานจริงของ ***Heater*** จะมีประสิทธิภาพในการทำงานจริงประมาณ *70-80 %*

ดังนั้น ควรเลือกใช้ **Heater** ***ขนาด*** **9000 W** ***หรือ*** **9 kW**

การคำนวณขนาดของปั๊ม

$T_{water} = 35°c \quad V = 0.035 m/s \quad r = 9.749 kN/m^3$

$L = 6m \quad D = 0.0381m \quad Z_2 = 1.20m \quad \nu = 0.729\times10^{-6} m^2/s$

จากสมการเบอร์นูลลี่

$$\frac{P_1}{r} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + h_p = \frac{P_2}{r} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_L$$

$$h_p = Z_2 + h_L$$

$$h_p = 1.2m + [\, f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} + k\frac{V^2}{2g}] \quad \text{.....(1)}$$

คำนวณค่า Renolds number จาก

$$\mathrm{Re} = \frac{VD}{v} = \frac{(0.035m/s)}{0.729\times10^{-6}m^2/s} = 1829$$

จาก $f = \frac{64}{\mathrm{Re}} = \frac{64}{1829} = 0.035$

การสูญเสียรองที่วาล์วและข้อต่อต่าง ๆ

ข้อขยาย $A_1 = 1", A_2 = 1\frac{1}{2}"$ ได้ค่า $K = 0.18 \therefore \mathrm{h}_{\text{ข้อขยาย}} = k\frac{V^2}{2g} = 0.18(\frac{0.035^2}{2(9.81)}) = 1.12\times10^{-5}$

Elbow $90°$,$\mathrm{h} = k\frac{V^2}{2g} = 0.9(\frac{0.035^2}{2(9.81)}) = 5.26\times10^{-5}\times$ 5 ตัว $= 2.80\times10^{-4}$

Ball valve, $\mathrm{h} = k\frac{V^2}{2g} = 0.5(\frac{0.035^2}{2(9.81)}) = 3.12\times10^{-5}\times$ 3 ตัว $= 9.36\times10^{-5}$

สามทาง, $\mathrm{h} = k\frac{V^2}{2g} = 1.8(\frac{0.035^2}{2(9.81)}) = 1.33\times10^{-4}\times$ 2 ตัว $= 2.66\times10^{-4}$

นำมารวมกันจะได้การสูญเสียรองทั้งหมด

$1.12\times10^{-5} + 2.80\times10^{-4} + 9.36\times10^{-5} + 2.66\times10^{-4}$

ข้อขยาย + Elbow $90°$ + Ball valve + สามทาง

Minor lose $= 6.50\times10^{-4}$

แทนค่าต่าง ๆลงในสมกาที่ (1)

จาก $h_p = Z_2 + [f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} + k\frac{V^2}{2g}]$

$$h_p = 1.2m + [0.035\frac{(6)}{(0.0381)}\frac{0.035^2}{2(9.81)} + 6.50\times10^{-4}]$$

$$h_p = 1.2m + [0.035(157.480)(6.24\times10^{-5}) + 6.50\times10^{-4}]$$

$$h_p \cong 1.2m$$

$P = rQh_p$ $\qquad$ $Q = AV = \frac{\pi}{4}(0.0381)^2\cdot(0.035)$

$P = 9.749kN/m^3\times3.99\times10^{-5}m^3/s\times12m$ $\qquad$ $Q = 3.99\times10^{-5}$

$P = 4.6678\times10^{-4}kN\cdot m/s$ หรือ 0.466 Watt

$$P = \frac{0.466}{746} = 6.246\times10^{-4}hp$$

ดังนั้นจึงเลือกปั๊มขนาด 0.5 แรงม้า

การเลือกใช้ขนาดมอเตอร์

ถังหมักกรด 250 ลิตร

แรงที่ใช้ในการกวนผสมกากมันสำปะหลังกับน้ำ (อ้างอิงจากงานวิจัยของวิลาวัลย์ 2550 การผลิตก๊าซชีวภาพจากการย่อยสลายเศษอาหารภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบตามลำดับสองขั้นตอนในระดับ Semi-pilot Scale) 10 Kg

รัศมีของถัง 0.28 เมตร

แรงดึงในถัง F=mg = 10x9.81 = 98.1 N

แรงบิด T= F x r = 98.1 x 0.28 = 27.46 N.m

เลือกใช้ความเร็วรอบ 70 rpm

$P=T.\ \omega = T .2\pi N/T$

$= (27.46 \times 2\ \pi \times 70)/60$

$= 201.2$ W

คิดเป็นแรงม้า $= P/746$

$= 201.2/746$

$= 0.27$ hp

ดังนั้นควรเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 แรง

ถังหมักก๊าซมีเทน 500 ลิตร

รัศมีของถัง 0.35 เมตร

แรงดึงในถัง F=mg = 10x9.81 = 98.1 N

แรงบิด T= F x r = 98.1 x 0.3528 = 34.33 N.m

เลือกใช้ความเร็วรอบ 70 rpm

$P=T.\ \omega = T .2\pi N/T$

$= (34.33 \times 2\ \pi \times 70)/60$

$= 251.5$ W

คิดเป็นแรงม้า $= P/746$

$= 251.5/746$

$= 0.34$ hp

ดังนั้นควรเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 แรง

การคำนวนหาค่าพลังงานสุทธิ (Net Energy)

จากสูตร Net Energy = (Energy gain – Energy Consumption)
คือ (พลังงานที่ได้รับ – พลังงานที่ใช้)
พลังงานที่ได้รับคือ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ=140 ลิตร/วัน หรือ 0.140 m^3/วัน คูณด้วย ค่าความร้อนของก๊าซ (HV)
พลังงานที่ใช้ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับ Heater โดยเฉลี่ย 0.8500 kWh/Day
จาก HV ของก๊าซชีวภาพมีค่า = 5520 kcal/m^3 หรือ 5,520,000 cal/m^3 หรือ 23,106,720 J/m^3

จะได้ $(0.140\ m^3 \times 23{,}106{,}720\ J/m^3) - (0.850\ kWh/Day)$

$= (3{,}234{,}940\ J) - (0.850\ kWh/Day)$

จาก 3.6×10^6 J = 1 kWh เพราะฉนั้น 3,234,940 J จะได้ 3,234,940/3,600,000 = 0.8986 kWh/Day
แทนค่าในสูตรจะได้ (0.8986 kWh/Day)-(0.8500 kWh/Day) = 0.0486 kWh/Day หรือ 48.6 Wh/Day

การวิเคราะห์ค่า Total Solid ของกากมันผสมกับน้ำ

นำ Crucible (ถ้วย) ไปอบในตู้อบแห้งที่ 103-105 ^{0}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากตู้อบแล้วรอให้เย็นใน Desiccators จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) อบซ้ำจนกระทั้งน้ำหนักของ Crucible (ถ้วย) คงที่หรือมีเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยไม่เกิน 5 % จึงสามารถนำไปใช้ได้ ให้เป็นค่า A ซึ่งต้องเก็บใน Desiccators จนกว่าจะนำมาใช้

ตวงกากมันผสมกับน้ำ 10 มล.ลงใน Crucible (ถ้วย) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนนำไปชั่งและบันทึกเป็นน้ำหนักรวมของกากมันผสมน้ำก่อนอบ และน้ำหนักของ Crucible (ถ้วย) ในหน่วย(มก.)ให้เป็นค่า B จากนั้นนำไปอบที่103-105 ^{0}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากตู้อบแล้วรอให้เย็นใน Desiccators และนำไปชั่งน้ำหนักรวมของกากมันผสมน้ำ และ Crucible (ถ้วย) หลังอบ เมื่อบันทึกค่าเสร็จแล้วนำไปอบซ้ำจนกระทั้งน้ำหนักคงที่หรือมีเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยไม่เกิน 5 % ให้เป็นค่า C คำนวณหาค่า TS ของกากมันผสมน้ำดังสมการที่ (1) และ (2)

$$\text{TS, ml/l} = \frac{(C-A)/(B-A)}{\text{Sample (ml)}} \times 10^6 \qquad (1)$$

$$\%\ \text{TS} = \frac{(C-A) \times 100}{B-A} \qquad (2)$$

หมายเหตุ

A คือ น้ำหนัก Crucible (mg)

B คือ น้ำหนัก Crucible + น้ำหนักกากมันผสมน้ำก่อนอบ (mg)

C คือ น้ำหนัก Crucible + น้ำหนักกากมันผสมน้ำหลังอบ (mg)

คำนวณตารางสรุปผลการทดลอง 4

อัตราการรับสารอินทรีย์ : OLR

ค่า COD ขาเข้า 5011(มิลลิกรัมต่อลิตร) หรือ 5.011 (กรัมต่อลิตร)

ระยะเก็บกักสารอินทรีย์: HRT 12 (วัน)

อัตราการรับสารอินทรีย์ : OLR = 5.011 (กรัมต่อลิตร)/ 12 (วัน) = 0.417(กรัมCOD ต่อลิตร-วัน)

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ(ลิตรต่อลิตร-วัน) ในระดับ Pilot Scale

ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ 140 (ลิตรต่อวัน)/ ปริมาตรกากมันผสมน้ำในถังหมักมีเทน 450 ลิตร

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ = 0.31(ลิตรต่อลิตร-วัน)

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ(ลิตรต่อลิตร-วัน) ในระดับ Lab Scale

ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ 16 (มล.ต่อวัน) / ปริมาตรกากมันผสมน้ำในถังหมักมีเทน 70 มล.

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ = 0.22(ลิตรต่อลิตร-วัน)

หมายเหตุ

ค่าอื่น ๆที่ไม่ได้แสดงการคำนวณได้ค่าจากเครื่องมือวัด

วิเคราะห์ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์

หาค่า NPV = PV-I

PV = ยอดรายได้รับเข้ารวมทั้งโครงการคิดที่มูลค่า ปัจจุบัน (Present Value of Net Cash Inflow)

I = เงินลงทุนเริ่มต้น (Initial Investment)

เงินลงทุนเริ่มแรก (Initial Investment) = 40,000 บาท อายุโครงการ 20 ปี มูลค่าซาก 4,000 บาท

Net Cash Inflow ต่อปี = 2,481 บาท/ปี คิดอัตราดอกเบี้ย 7% ต่อปี

ยอดเงินสดเข้าเท่ากันทุกปีสามารถคิด PV โดยใช้ PVIFA คิดค่า i = 2%, t = 20

โดยPV=$1/(1+0.02)+1/(1+0.02)^2+1/(1+0.02)^3+1/(1+0.02)^4+1/(1+0.02)^5+1/(1+0.02)^6+1/(1+0.02)^7+1/(1+0.02)^8+1/(1+0.02)^9$
$+1/(1+0.02)^{10}+1/(70.02)^{11}+1/(1+0.02)^{12}+1/(1+0.02)^{13}+1/(1+0.02)^{14}+1/(1+0.02)^{15}+1/(1+0.02)^{16}+1/(1+0.02)^{17}+1/(1+0.02)^{18}$
$+1/(1+0.02)^{19}+1/(1+0.02)^{20}$

PV = PVIFA (7%, 20) = 16.355 บาท

NPV = PV+ (มูลค่าซาก) – I

= 2,481(P/A, 7%, 20) +4,000(P/F, 7%, 20)-40,000

= 2,481(10.597) +4,000(0.258) - 40,000

= 26,291+1,032 - 40,000 = -12,677 < 0

หลักการตัดสินใจของ IRR

หาก IRR มีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยจะถือว่าลงทุนได้ หรือ น่าลงทุนหลักการตัดสินใจของ IRR

หาก IRR มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอัตราดอกเบี้ยจะถือว่าไม่ควรลงทุน หรือ ไม่น่าลงทุน

IRR คือ ค่าสะท้อนผลตอบแทนของการลงทุนที่นามาเปรียบเทียบกับดอกเบี้ย ยิ่งมีค่ามากยิ่งดี

จากการหาค่า NPV เมื่อ i=7% ให้ NPV = -12,677

ให้สมมุติ i=3%

NPV= 2,481(P/A, 3%, 20) +4,000(P/F, 3%, 20)-40,000

= 2,481(14.880) +4,000(0.554) - 40,000

= 36,917+2,216 - 40,000 = -867 < 0

ให้สมมุติ i=2.5%

NPV= 2,481(P/A, 2.5%, 20) +4,000(P/F, 2.5%, 20)-40,000

= 2,481(15.580) +4,000(0.610) - 40,000

= 38,654+2,440 - 40,000 = 1,094 > 0

IRR = 2.5+0.5×1,094/(1,094+867)

= 2.5+0.3

= 2.8 %

จะได้ IRR < MARR ซึ่งน้อยกว่าอัตราดอกเบี้ยแสดงว่าโครงการนี้ยังไม่น่านำไปดำเนินการ