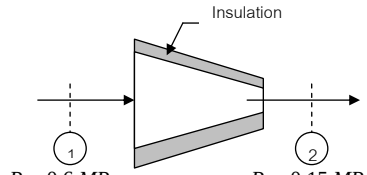
ตัวอย่างที่ 5.1 ไอน้ำที่ความดัน 0.6 MPa , 200 °C ไหลเข้าสู่ Nozzle ที่มีการหุ้มฉนวนเป็นอย่างดีด้วยความเร็ว 50 m/s ถ้าไอน้ำที่ออกจาก Nozzle มีความดันเหลือเพียง 0.15 MPa และมีความเร็วที่ทางออกเป็น 600 m/s จงหา

ก) อุณหภูมิสุดท้ายถ้าสภาวะที่ทางออก ไอน้ำเป็น ไอดง

ข) คุณภาพไอถ้าสภาวะที่ทางออก ไอน้ำเป็น ของผสมอิ่มตัว



$P_1 = 0.6\ MPa$
$T_1 = 200°C$
$V_1 = 50\ m/s$

$P_2 = 0.15\ MPa$
$T_2 = ?$
$V_2 = 600\ m/s$

วิธีทำ

สมมติฐาน

1) $\dot{Q} \cong 0$ 2) $\dot{W} = 0$
3) $\Delta PE \cong 0$ 4) *SSSF process*

สมการที่ต้องใช้

1) *Conservation of mass*; $\dot{m}_1 = \dot{m}_2$
2) 1^{st} *Law*; *SSSF*

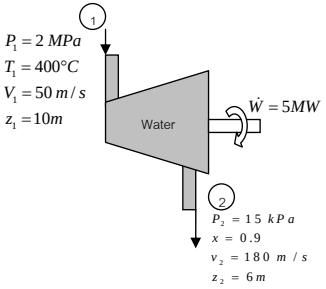
$$\dot{Q}_{CV} + E_{\text{inflow}} = \dot{W}_{CV} + E_{\text{outflow}} + \Delta E_{CV}$$

$$\therefore \dot{m}_1\left(h + \frac{v^2}{2} + gz\right)_1 = \dot{m}_2\left(h + \frac{v^2}{2} + gz\right)_2$$

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2} = h_2 + \frac{v_2^2}{2}$$

$$h_2 = h_1 + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2}$$

ตัวอย่างที่ 5.2 กำลังงานที่ได้จากกังหันไอน้ำอะเดียแบติก มีค่าเท่ากับ 5 MW ถ้าที่ทางเข้าและทางออกของกังหันไอน้ำมีสภาวะดังที่แสดงในรูปต่อไปนี้จงหา



ก) งานต่อกิโลกรัมที่ได้จากการที่ไอน้ำไหลผ่านกังหัน

ข) อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำ

วิธีทำ สมมติฐาน

1) $\dot{Q} \cong 0$ (*adiabatic turbine*)
2) *SSSF process*

สมการที่ต้องใช้

1) *Conservation of mass*; $\dot{m}_1 = \dot{m}_2$
2) 1^{st} *Law*; *SSSF*

$$\dot{Q}_{CV} + E_{\text{inflow}} = \dot{W}_{CV} + E_{\text{outflow}} + \Delta E_{CV}$$

$$\therefore \dot{W}_{CV} = E_{\text{inflow}} - E_{\text{outflow}} = -(\Delta H + \Delta KE + \Delta PE) \quad kJ$$ สภาวะที่1 :

$$w = -(\Delta h + \Delta ke + \Delta pe) \quad kJ/kg$$

$$w = -\left[(h_2 - h_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)\right] \text{.....(1)}$$

$P_1 = 2\ MPa, T_1 = 400°C \rightarrow h_1 = 3247.6\ kJ/kg$ (ไอดง)

สภาวะที่ 2 : $P_2 = 15\ kPa, x = 0.9 \rightarrow$ อยู่ในสถานะเป็นของผสมอิ่มตัว

คำนวณหา h_2 จากสมการ

$$h_2 = h_{f@15kPa} + x.h_{fg@15kPa}$$
$$h_2 = 225.94 + 0.9(2373.1)$$
$$h_2 = 2361.73\ kJ/kg$$

ก) งานต่อกิโลกรัมที่ได้จากการที่ไอน้ำไหลผ่านกังหัน แทนค่าลงในสมการที่ (1);

$$w = -\left[(h_2 - h_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)\right]$$

$$= -\left[(2361.73 - 3247.6)\,kJ/kg + \frac{(180\,m/s)^2 - (50\,m/s)^2}{2} \times \frac{1kJ/kg}{1000\,m^2/s^2} + 9.81\,m/s^2\,(6-10)m \times \frac{1kJ/kg}{1000\,m^2/s^2}\right]$$

$$= 870.96\ kJ/kg$$

งานที่ได้จากกังหันไอน้ำมีค่าเท่ากับ$870.96\ kJ/kg$

ข) อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำ

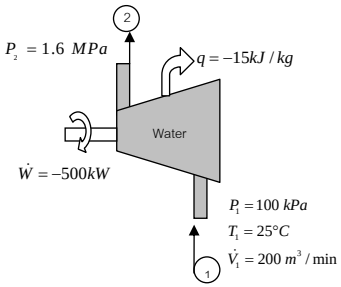
$$\dot{m} = \frac{\dot{W}}{\dot{w}} = \frac{5000kJ/s}{870.96kJ/kg} = 5.74kg/s$$

อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำผ่านกังหันไอน้ำมีค่าเท่ากับ $5.74kg/s$

<u>ตัวอย่างที่ 5.3</u> อากาศถูกอัดด้วยเครื่องอัดอากาศจากความดัน 100 kPa อุณหภูมิ 25 °C ไปที่ความดัน 1.6 MPa โดยในขณะที่ผ่านการอัดนั้นอากาศถูกทำให้เย็นลงด้วยน้ำหล่อเย็นที่ไหลผ่านอยู่ด้านนอกของเครื่องอัดอากาศ ด้วยอัตราการถ่ายเทความร้อน 15 kJ/kg อัตาการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่ทางเข้ามีค่าเท่ากับ 200 m^3/min ถ้ากำลังงานที่ต้องใช้ในการอัดอากาศดังกล่าวมีค่า 500 kW จงหา

ก) อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

ข) อุณหภูมิของอากาศที่ทางออกจากเครื่องอัดอากาศ



<u>วิธีทำ</u> สมมติฐาน

1) $\Delta KE \ \& \ \Delta PE \cong 0$
2) *SSSF process*

สภาวะที่1; จากตารางแก๊สจินตภาพของอากาศ

$$\left.\begin{array}{l} P_1 = 100kPa \\ T_1 = 273+25 = 298K \end{array}\right\} h_1 = 298.18kJ/kg$$

<u>สมการที่ต้องใช้</u>

1) *Conservation of mass*; $\dot{m}_1 = \dot{m}_2$

2) 1^{st} *Law*; *SSSF*

$$\dot{Q}_{CV} + E_{\text{inflow}} = \dot{W}_{CV} + E_{\text{outflow}} + \Delta \cancel{E}_{CV}$$

$$\therefore \dot{Q}_{CV} - \dot{W}_{CV} = E_{\text{outflow}} - E_{\text{inflow}} = (\Delta H + \Delta \cancel{KE} + \Delta \cancel{PE}) \quad kJ$$

$$q - w = (\Delta h) \quad kJ/kg \text{.....(1)}$$

$$\dot{m} = \rho \dot{V}_1 = \frac{\dot{V}_1}{v}$$

$$v = \frac{RT}{P} = \frac{0.287kJ/kg.K \times (273+25)K}{100kPa} = 0.856m^3/kg$$

ก) อัตราการไหลเชิงมวล

$$\dot{m} = \frac{200m^3/\min}{0.856m^3/kg} \times \frac{1}{60}\min/s = 3.89\ kg/s$$

อัตราการไหลเชิงมวลมีค่าเท่ากับ $3.89kg/s$

ข) อุณหภูมิของอากาศที่ทางออกจากเครื่องอัดอากาศ

จากสมการที่1

$$q - w = (\Delta h)$$

$$h_2 = h_1 + (q - w)$$

$$h_2 = 298.18 + (-15kJ/kg - (-\frac{500kW}{3.89kg/s})) = 411.71\ kJ/kg$$

$$h_2 = 411.71\ kJ/kg \rightarrow T_2 \cong 410K$$

หรือหาจาก

$$q - w = (\Delta h) = C_{P_0}\Delta T = C_{P_0}(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = \left(\frac{q-w}{C_{P_0}}\right) + T_1 = \left(\frac{-15kJ/kg - \frac{(-500)kW}{3.89kg/s}}{1.005}\right) + 298$$

$$T_2 = 411 \quad K$$