บทที่ 3

การออกแบบระบบเครื่องสูบน้ำแบบเจ็ต

ระบบเครื่องสูบแบบเจ็ตซึ่งใช้เครื่องสูบแบบหอยโข่งเป็นตัวขับเคลื่อน (Centrifugal Jet Pump System)

การออกแบบที่แน่นอนของระบบเครื่องสูบแบบเจ็ตซึ่งใช้เครื่องสูบแบบหอยโข่งเป็นตัวขับเคลื่อนขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องสูบแบบหอยโข่ง ที่ทางเข้านอสเซิลขับ

สำหรับเครื่องสูบแบบหอยโข่งซึ่งใช้ขับ หัวความดันที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นที่ความเร็วคงที่ที่ทางเข้าของนอสเซิลขับ (รูปที่ 3.1) สามารถจะแสดงได้ว่า

$$\Delta H = A + BQ_t + CQ_t^2 \qquad \text{(i)}$$

$$\Delta H = H_{out} - H_{in}$$

$$= \left[P_1-(z_4-z_1)+F_{m_2}\right] - \left[P_2-(z_4-z_1)-F_{m_1}\right]$$

$$= \left[P_1-(z_4-z_1)+F_{m_2}-P_2+(z_4-z_1)+F_{m_1}\right]$$

$$= P_1-P_2+F_{m_2}+F_{m_1}$$

$$= P_1-P_3+z_3-z_2+F_{m_2}+F_{m_1}$$

ละทิ้งความเสียดทานในท่อจะได้

$$\Delta H = P_1 - P_3 + z_3 - z_2 \qquad \text{(ii)}$$

$$Q_t = Q_m \qquad \text{(iii)}$$

ที่ซึ่ง A, B และ C เป็นค่าคงที่ จากกราฟคุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ΔH และ Q ได้ เมื่อแทนค่า (ii) และ (iii) ใน (i) จะได้

$$P_1 = (P_3 + z_2 - z_3 + A) + BQ_m + CQ_m^2 \quad \text{(iv)}$$

อัตราส่วนการไหล $M = \frac{Q_s}{Q_m}$ (v)

และ อัตราส่วนหัว $N = \frac{P_3 - P_2}{P_1 - P_3}$ (vi)

สำหรับการจุ่มลงเล็กน้อย $P_2 = 0$

$$N = \frac{P_3}{P_1 - P_3} \quad \text{(vii)}$$

ประสิทธิภาพ η สามารถเขียนอยู่ในรูปของ

$$\eta = MN \quad \text{(viii)}$$

และจาก (1) จะได้ว่า

$$\eta = 4.88S \frac{0.34 + 0.594S^2 - (0.205+S)^2 0.778}{0.6728 - 1.66S^2 + (0.205+S)^2 0.778} \quad \text{(3.1)}$$

ซึ่งเป็นค่าของประสิทธิภาพสำหรับเครื่องสูบทองเหลือง (หรือวัสดุเรียบอื่น ๆ) เมื่อค่าเฉพาะของอัตราส่วนความเร็ว S

จาก (iv) และ (vii)

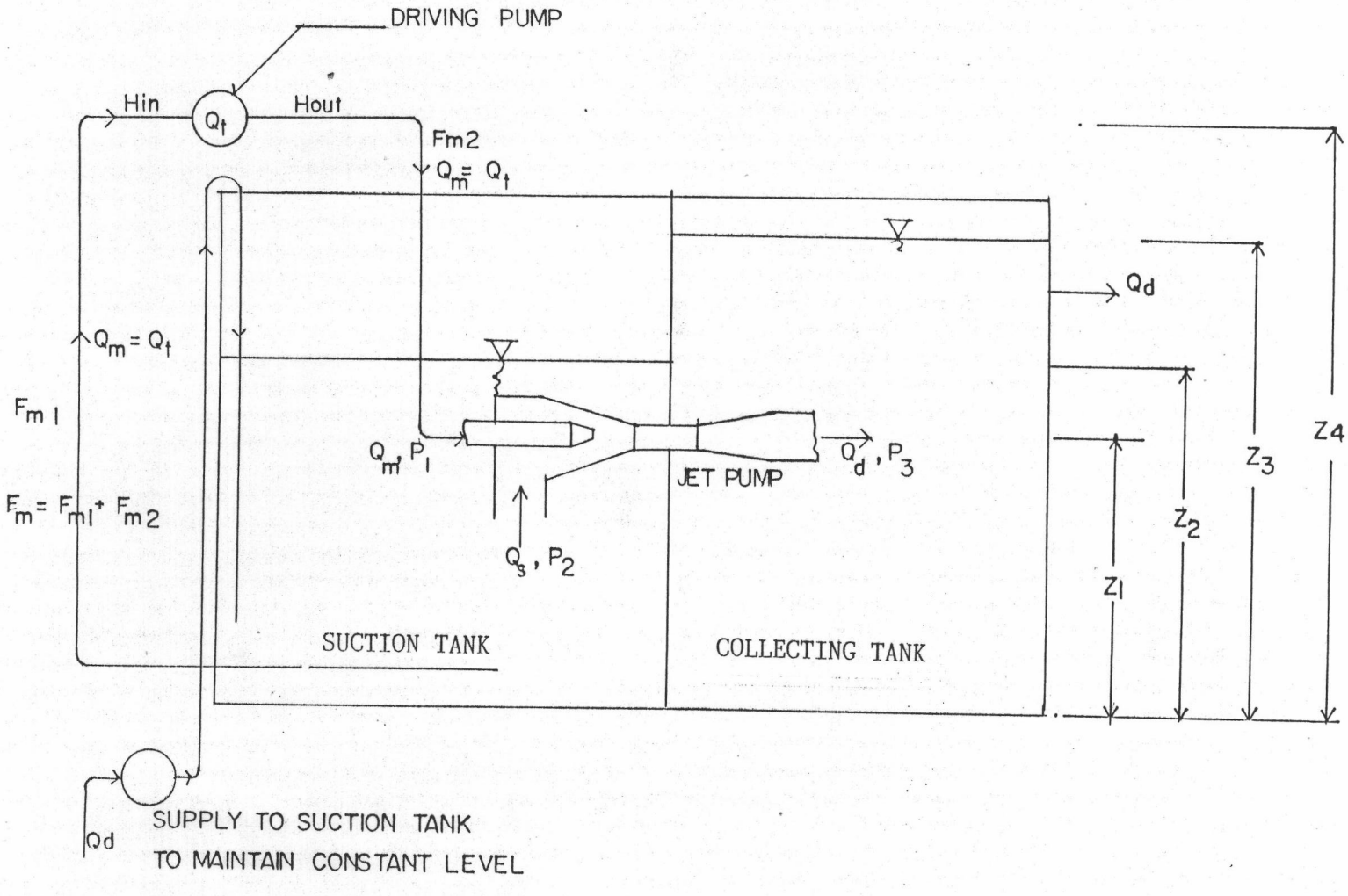
$$N = \frac{P_3}{(P_3 + z_2 - z_3 + A) + BQ_m + CQ_m^2 - P_3} \quad \text{(ix)}$$

จาก (v) และ (viii)

$$N = \eta \frac{Q_m}{Q_s} \quad \text{(x)}$$

สมการ (ix) และ (x) และการแก้สมการสำหรับ Q_s

$$CQ_m^3 + BQ_m^2 + Q_m(z_2 - z_3 + A) - \frac{P_3 Q_s}{\eta} = 0 \quad \text{(3.2)}$$



รูปที่ 3.1 ลักษณะของระบบเครื่องสูบแบบเจ็ตซึ่งใช้เครื่องสูบแบบหอยโข่งเป็นตัวขับเคลื่อน

การออกแบบเครื่องสูบน้ำแบบเจ็ต (Design of Water Jet Pump)

การออกแบบเครื่องสูบน้ำแบบเจ็ตนั้นจะเริ่มที่ต้องทำการหากราฟคุณสมบัติ $\Delta H - Q$ (characteristic curve) ของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งชิ่งใช้ในการขับก่อน ซึ่งก็คือจะทราบค่าคงที่ A, B, และ C ในสมการ 3.2 นั่นเอง สำหรับขบวนการที่เฉพาะเจาะจงโดยปรารถนาที่จะได้ Q_s เมื่อ Q_m หรือ Q_t มีค่าเท่ากับค่าซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งมีค่าสูงสุดนั้น การออกแบบจะนำเอาค่า Q_m หรือ Q_t ดังกล่าวพร้อมกับค่า P_3 และ η ซึ่งได้รับการกำหนดขึ้นแทนลงในสมการที่ 3.2 ซึ่งก็จะทำให้ได้ค่า Q_s จากนั้นก็จะได้ค่า M, N, P_1 ตามลำดับ และจากอัตราส่วนความเร็ว ($S = R'M$) จะให้ค่าของ R' แต่กฎของ Week (12) ให้ค่า R' โดยตรง จากค่าที่ได้รับมาดังกล่าวจะนำมาพิจารณาประกอบกับตารางที่ 2.1 ทำให้ทราบถึงขนาดขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่องสูบน้ำแบบเจ็ต สำหรับการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำแบบเจ็ตซึ่งจะนำมาทดสอบสมรรถนะได้นั้นได้แสดงอยู่ในภาคผนวก ข โดยมี

ค่าคงที่ซึ่งใช้ในการออกแบบของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง

$$A = 9.72, \quad B = 0.04, \quad C = -0.03$$

$\eta_{max} = 0.166$ ที่ $Q_t = 10.6$ ลบ.ม/ชม. และ $\Delta H = 7.04$ เมตรของน้ำ

เมื่อกำหนดให้ $\eta = 0.42$, $Q_m = 10.6$ ลบ.ม/ชม. และ $P_3 = 0.55$ เมตรของน้ำ จะได้ขนาดของเครื่องสูบน้ำแบบเจ็ตดังนี้

เส้นผ่าศูนย์กลางท่อขับ (driving line) D_m	40 มิลลิเมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางทางออกของนอสเซิลขับ (driving nozzle) d_m	19 มิลลิเมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อดูด (suction line) D_s	145 มิลลิเมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางทางออกนอสเซิลดูด (suction nozzle) d_s หรือ	
เส้นผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (mixing chamber) D_{MC}	110 มิลลิเมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางทางออกของดิฟฟิวเซอร์ (diffuser) D_D	165 มิลลิเมตร
ความยาวนอสเซิลดูด (length of the suction nozzle) 1	98 มิลลิเมตร
ระยะนอสเซิลขับ (driving nozzle distance) L_m	38 มิลลิเมตร
ความยาวของห้องผสม (length of mixing chamber) L_{MC}	880 มิลลิเมตร

มุม semicone ของนอสเซิลขับ (semicone angle of driving nozzle) θ_m 10 องศา

มุม semicone ของนอสเซิลดูด (semicone angle of suction nozzle) θ_s 10 องศา

มุม semicone ของดิฟฟิวเซอร์ (semicone angle of diffuser) θ_D 2.9 องศา

และได้ Q_s = 52.4 ลบ.ม/ชม.

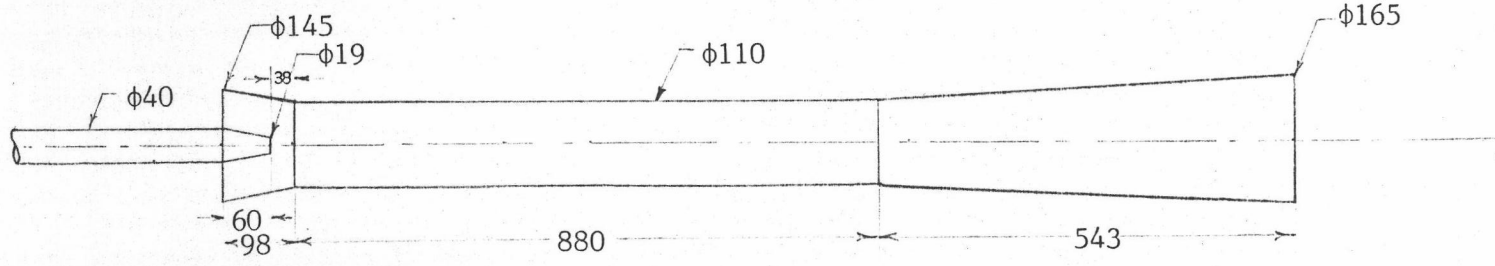
ในเทอมของกลุ่มไร้มิติ (dimensionless group)

$$M = \frac{Q_s}{Q_m} = 4.94$$

$$\frac{L_{MC}}{d_s} = 8$$

$$\frac{L_m}{d_m} = 2$$

$$R' = \left[\frac{d_m}{d_s}\right]^2 = \left[\frac{1}{1+M}\right]^2 = 0.03$$



WATER JET PUMP

รูปที่ 3.2 แสดงขนาดขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่องสูบน้ำแบบเจ็ต