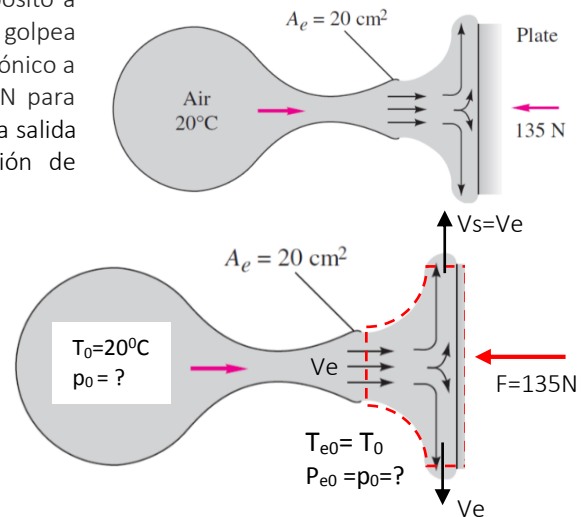


Problema.- El aire fluye estacionariamente desde un depósito a 20°C a través de una boquilla de área de salida de 20 cm² y golpea una placa vertical como se ve en la Figura. El flujo es subsónico a lo largo de la boquilla. Se requiere una fuerza de 135 N para mantener la placa estacionaria. Calcular: (a) Velocidad a la salida de la boquilla, (b) el número Mach y (c) la presión de estancamiento si la presión atmosférica es = 101 kPa.



ANALISIS

Hipótesis:

- i. Flujo compresible isentrópico
- ii. Flujo permanente
- iii. Aire gas ideal
- iv. Flujo uniforme en la entrada y salida del V.C.

Asumimos para el aire atmosférico a 20°C
 $\rho = 1.20 \text{ kg/m}^3$; $c_p = 1.005 \text{ kJ/kgK}$; $k = 1.4$

La velocidad de salida de la tobera, $V_s = V_e$, se puede calcular a partir de la ecuación de cantidad de movimiento aplicada al volumen de control mostrado, asumiendo que el módulo de la velocidad del aire es el mismo a la entrada y salida del volumen de control.

$$\vec{F} = \oint \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

El número de Mach, se calcula a partir de la temperatura de estancamiento y la velocidad V_s

$$\frac{T_0}{T_s} = 1 + \frac{k-1}{2} M_s^2 \rightarrow M_s = \sqrt{\left(\frac{T_0}{T_s} - 1\right) \frac{2}{k-1}} \quad (2)$$

$$T_0 = T_s + \frac{V_e^2}{2c_p} \rightarrow \frac{T_e}{T_0} = 1 - \frac{V_e^2}{2c_p T_0} \quad (3)$$

Como el flujo a la salida de la tobera es subsónico, entonces $p_e = p_{atm}$, y $p_0 = p_{e0}$ se calcula a partir de:

$$\frac{p_0}{p_e} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M_e^2\right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(\frac{T_0}{T_e}\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (4)$$

CALCULOS.

- a) De la ecuación 1 y los datos dados y asumidos para el aire a 20°C, tenemos,

$$F_x = \oint_{SC} V_s \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = - \int_{A_1} V_{1x} \rho V_e dA_1 + \int_{A_2} V_{2x} \rho V_e \cdot dA_2$$

$$-135 = - \int_{A_1} V_e \rho V_e dA_1 = -V_e \rho V_e \int dA_1 = -\rho V_e^2 A_1 \rightarrow V_e = \sqrt{\frac{135}{\rho A_1}} = \sqrt{\frac{135}{1.2 \cdot 0.002}} \approx 237,2 \text{ m/s}$$

- b) De las ecuaciones 3 y 2, tenemos,

$$\frac{T_e}{T_0} = 1 - \frac{V_e^2}{2c_p T_0} = 1 - \frac{237,2^2}{2 \times 1005 \times (20 + 273)} = 0,90$$

$$M_e = \sqrt{\left(\frac{T_0}{T_s} - 1\right) \frac{2}{k-1}} = \sqrt{\left(\frac{1}{0,90} - 1\right) \frac{2}{1,4-1}} \approx 0,75$$

- c) De la ecuación 4;

$$\frac{p_0}{p_e} = \left(\frac{T_0}{T_e}\right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(\frac{1}{0,90}\right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 1,446 \rightarrow p_0 = 101 \cdot 1,446 \approx 146 \text{ kPa}$$