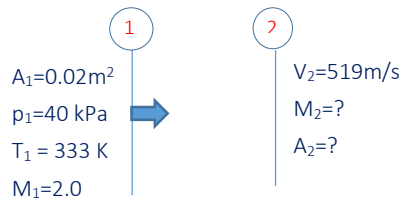


Problema.- Fluye aire estable e isentrópicamente por un conducto. En la sección 1, donde el área de sección transversal es 0.02m², el aire está a 40 kPa (abs), 60 °C y M=2.0. En la sección 2 aguas abajo, la velocidad es 519 m/s. Calcule el número de Mach en la sección 2. Bosqueje la forma del conducto entre las secciones 1 y 2.

Análisis del problema



Hipótesis:

- i) Flujo permanente
- ii) Flujo adiabático sin fricción (isentrópico)
- iii) Gas ideal

Ecuaciones fundamentales de flujo.- para las hipótesis planteadas las ecuaciones de flujo se pueden escribir así;

Ecuación de continuidad: $\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$ (1)

Ecuación de cantidad de movimiento:

$$p_1 A_1 - p_2 A_2 = m(V_2 - V_1) \quad (2)$$

Primera ley de la termodinámica:

$$h_2 + \frac{V_2^2}{2} = h_1 + \frac{V_1^2}{2} = h_0 \quad (3)$$

Ecuación de estado: $\frac{p_1}{\rho_1^k} = \frac{p_2}{\rho_2^k} \quad (4)$

Cálculos

Como el flujo es adiabático $T_{02} = T_{01} = T_0$

$$T_{01} = T_1 \left(1 + \frac{k-1}{2} M_1^2 \right) = 333 \left(1 + \frac{1.4-1}{2} 2^2 \right) = 600K$$

A partir de la ecuación de la energía para flujo adiabático, (3), la temperatura de estancamiento T_0 , asumiendo calores específicos constantes, se puede calcular T_2

$$T_2 = T_{02} - \frac{V_2^2}{2cp} = 600 - \frac{519^2}{2 * 1005} = 465,4K$$

Con T_2 y $T_{02} = T_0$ calculamos el número de Mach M_2 .

$$M_2 = \sqrt{\left(\frac{T_{02}}{T_2} - 1 \right) \frac{2}{k-1}} = \sqrt{\left(\frac{600}{465,4} - 1 \right) \frac{2}{1,4-1}} = 1,2$$

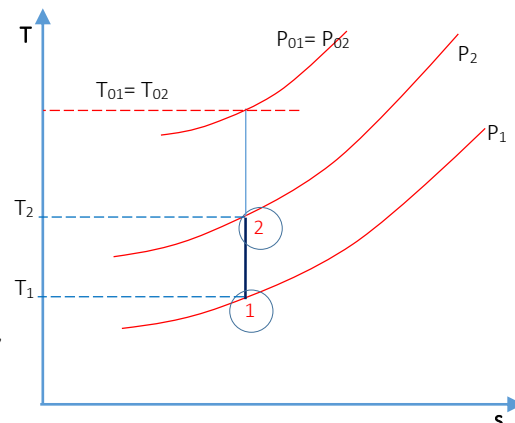
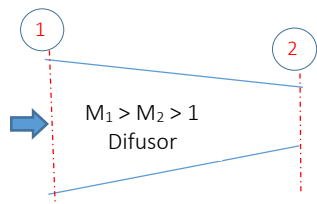
Análisis de resultados

Aunque los valores de $M_1 > M_2$, nos sugieren un flujo supersónico decelerado, es decir un conducto convergente (difusor). Para fines de respaldar esta afirmación acerca de la forma del ducto, podemos calcular también la relación de presiones p_1/p_2 , a partir de la ecuación de estado (4)

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\rho_1^k}{\rho_2^k} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(\frac{465,4}{333} \right)^{1,4/0,4} = 0,310 \rightarrow p_2 > p_1; \text{ es decir un ducto convergente (difusor).}$$

Con el resultado anterior y la ecuación de continuidad (1) se calcula el área en la sección 2, A_2 .

$$A_2 = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2 V_2} A_1 = 0,31^{1/1,4} \frac{2\sqrt{1,4*287*333}}{519} 0,02 = 0,012m^2 \rightarrow A_2 < A_1, \text{ tal como estaba previsto.}$$



En el gráfico de la derecha se muestra el diagrama T-s, del flujo entre las secciones 1 y 2.