

EJEMPLO DEL CICLO DE BRAYTON IDEAL SIMPLE

Una planta de energía de turbina de gas que opera en un ciclo Brayton ideal tiene una relación de presión de 8. La temperatura del gas es 300 K en la entrada del compresor y 1300 K en la entrada de la turbina. Utilizando los supuestos estándar de aire, determine:

- a) La temperatura del gas en las salidas del compresor y la turbina.
- b) La relación de trabajo de retorno.
- c) La eficiencia térmica.

Solución:

Se considera una planta de energía que opera en el ciclo ideal de Brayton. Se determinarán las temperaturas de salida del compresor y la turbina, la relación de trabajo de retorno y la eficiencia térmica.

Supuestos:

1. Existen condiciones de funcionamiento estables.
2. Se aplican los supuestos del estándar de aire.
3. Los cambios de energía cinética y potencial son insignificantes.
4. Debe considerarse la variación de calores específicos con la temperatura.

Análisis:

El diagrama T-s del ciclo de Brayton ideal descrito se muestra en la Figura 1. Observamos que los componentes involucrados en el ciclo de Brayton son dispositivos de flujo constante. a) Las temperaturas del aire en las salidas del compresor y la turbina se determinan a partir de relaciones isentrópicas:

Proceso 1-2 (compresión isentrópica de un gas ideal):

$$\begin{aligned}
 T_1 = 300 \text{ K} \rightarrow h_1 &= 300.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} P_{r1} = 1.386 P_{r2} = \frac{P_2}{P_1} P_{r1} = (8)(1.386) \\
 &= 11.09 \rightarrow T_2 = 540 \text{ K} \quad h_2 = 544.35 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

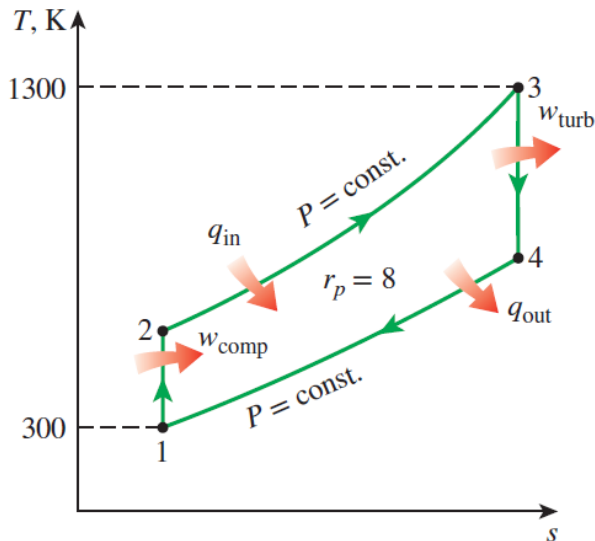


Figura 1. Diagrama T-s para el ciclo de Brayton analizado en el ejemplo 1.

El proceso 3-4 (Isentrópica expansión de un gas ideal):

$$\begin{aligned}
 T_3 = 1300 \text{ K} \rightarrow h_3 &= 1395.97 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} P_{r3} = 330.9 P_{r4} = \frac{P_4}{P_3} P_{r3} = \left(\frac{1}{8}\right) (330.9) \\
 &= 41.36 \rightarrow T_4 = 770 \text{ K (A la salida de la turbina)} \quad h_4 \\
 &= 789.37 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}
 \end{aligned}$$

b) Para encontrar la razón de trabajo de retorno, necesitamos encontrar el trabajo de entrada al compresor y el trabajo a la salida de la turbina:

$$w_{comp,in} = h_2 - h_1 = 544.35 - 300.19 = 244.16 \frac{kJ}{kg}$$

$$w_{turb,out} = h_3 - h_4$$

$$= 1395.97 - 789.37 = 606.60 \frac{kJ}{kg}$$

Entonces:

$$r_{bw} = \frac{w_{comp,in}}{w_{turb,out}} = \frac{244.16 \frac{kJ}{kg}}{606.60 \frac{kJ}{kg}} = 0.403$$

Es decir, el 40.3% de la producción de trabajo de la turbina se utiliza solo para impulsar el compresor. c) La eficiencia térmica del ciclo es la relación entre la producción de energía neta y la entrada total de calor:

$$q_{in} = h_3 - h_2 = 1395.97 - 544.35 = 851.62 \frac{kJ}{kg}$$

$$w_{net} = w_{out} - w_{in}$$

$$= 606.60 - 244.19 = 362.4 \frac{kJ}{kg}$$

Por lo tanto:

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_{in}} = \frac{362.4}{851.62} = 0.426 = 42.6\%$$

La eficiencia térmica también se puede determinar a partir de:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}}$$

$$q_{out} = h_4 - h_1 = 789.37 - 300.19 = 489.2 \frac{kJ}{kg}$$

Referencias:

Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2009). Termodinámica (M. Á. T. Castellanos (ed.); Sexta). McGraw-Hill.

Chung, D. D. L. (2001). Applied materials science: Applications of engineering materials in structural, electronics, thermal, and other industries. In Applied Materials Science: Applications of Engineering Materials in Structural, Electronics, Thermal, and Other Industries. CRC LCL Press.