

SISTEMAS

Sistemas

Un sistema en termodinámica se define como una cierta cantidad de materia o una región en el espacio elegida para análisis. La superficie real o imaginaria que separa al sistema de sus alrededores se llama frontera o borde. La frontera de un sistema puede ser fija o móvil. La frontera es la superficie de contacto que comparten sistema y alrededores. En términos matemáticos, la frontera tiene espesor igual a cero y, por lo tanto, no puede contener ninguna masa ni ocupar un volumen en el espacio. Los sistemas se pueden considerar cerrados o abiertos, dependiendo de si se elige para estudio una masa fija o un volumen fijo en el espacio.

Un sistema cerrado (conocido también como una masa de control) consta de una cantidad fija de masa y ninguna otra puede cruzar su frontera. Es decir, ninguna masa puede entrar o salir de un sistema cerrado. Pero las condiciones de aislamiento no incluyen a la energía, que en forma de calor o trabajo puede cruzar la frontera; el volumen de un sistema cerrado no precisa ser fijo. Si se añade la condición de que la energía tampoco pueda atravesar la frontera como consideración especial, entonces se trata de un sistema aislado.

Un sistema abierto, o un volumen de control, como suele llamarse, es una región elegida apropiadamente en el espacio. Generalmente encierra un dispositivo que tiene que ver con flujo másico, como un compresor, turbina o tobera. El flujo por estos dispositivos se estudia mejor si se selecciona la región dentro del dispositivo como el volumen de control. Tanto la masa como la energía pueden cruzar la frontera de un volumen de control. Un gran número de problemas de

ingeniería tiene que ver con flujo de masa dentro y fuera de un sistema y, por lo tanto, se modelan como volúmenes de control (Çengel & Boles, 2009).

Propiedades de un Sistema

Las características de un sistema se llaman propiedades. Algunas propiedades muy utilizadas son la presión, la temperatura, el volumen y la masa. La lista se puede ampliar para incluir propiedades menos familiares como la viscosidad, la conductividad térmica, el módulo de elasticidad, coeficiente de expansión térmica, resistividad eléctrica e incluso velocidad y elevación. Se considera que las propiedades son intensivas o extensivas.

Las propiedades intensivas son aquellas independientes de la masa de un sistema, como temperatura, presión y densidad. Las propiedades extensivas son aquellas cuyos valores dependen del tamaño o extensión del sistema (Çengel & Boles, 2009). La masa total, volumen total y cantidad de movimiento total son algunos ejemplos de propiedades extensivas. Una forma fácil de determinar si una propiedad es intensiva o extensiva es dividir el sistema en dos partes iguales mediante una partición imaginaria; cada parte tendrá el mismo valor de propiedades intensivas que el sistema original, pero la mitad del valor de las propiedades extensivas.

Usualmente, las letras mayúsculas se usan para denotar propiedades extensivas (con la importante excepción de la masa m) y las minúsculas para las intensivas (con las excepciones obvias de la presión P y la temperatura T). Las propiedades extensivas por unidad de masa o “ponderadas” se llaman propiedades específicas. Algunos ejemplos de estas son el volumen específico ($v = V/m$) y la energía total específica ($e = E/m$) (Çengel & Boles, 2009).

Densidad y Densidad Relativa

La densidad, de manera general se define como la masa que existe en un elemento por cantidad de volumen:

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

En general, la densidad de una sustancia depende de la temperatura y la presión. La densidad de la mayor parte de los gases es proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura, a mayor presión mayor densidad, debido al decrecimiento del volumen, al contrario con la temperatura, el volumen crece por lo que la densidad disminuye. Por otro lado, los líquidos y sólidos son en esencia sustancias no compresibles y la variación de su densidad con la presión es por lo regular insignificante. A 20°C, por ejemplo, la densidad del agua cambia de 998 kg/m³ a 1 atmósfera de presión (1 atm), a 1003 kg/m³ a 100 atm, un cambio de solo 0.5%. La densidad de líquidos y sólidos depende más de la temperatura que de la presión. A 1 atm, por ejemplo, la densidad del agua cambia de 998 kg/m³ a 20°C a 975 kg/m³ a 75°C, esto significa un cambio de 2.3%, lo cual puede ignorarse en muchos análisis de ingeniería.

Algunas veces la densidad de una sustancia se da como relativa a la densidad de una sustancia bien conocida. Entonces, se llama gravedad específica, o densidad relativa, y se define como el cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad de alguna sustancia estándar a una temperatura especificada (Çengel & Boles, 2009).

Estado y Equilibrio

Se conoce como Estado de un sistema al conjunto de propiedades que caracterizan a un sistema en específico. En un estado específico, todas las propiedades de un sistema tienen valores fijos, e incluso si cambia el valor de una propiedad, el estado cambia a otro diferente. En la Figura 1 se muestra un sistema en dos estados diferentes. En la figura se observa que las propiedades de masa y temperatura no cambian en los sistemas, pero si su volumen, pasando de un Estado 1 a un Estado 2. Si alguna otra propiedad cambiara tendrías un nuevo Estado 3.

La termodinámica trata con estados de equilibrio. Esta última palabra define un estado de balance. En un estado de equilibrio no hay potenciales desbalanceados (o fuerzas impulsoras) dentro del sistema, y este no experimenta cambios cuando es aislado de sus alrededores. Hay muchos tipos de equilibrio, y un sistema no está en equilibrio termodinámico a menos que se satisfagan las condiciones de todos los tipos necesarios de equilibrio (Çengel & Boles, 2009). Un sistema está en equilibrio térmico si presenta la misma temperatura en toda su extensión. El equilibrio mecánico se relaciona con la presión, y un sistema lo posee si con el tiempo no hay cambio de presión en alguno de sus puntos. Sin embargo, al interior del sistema la presión puede variar con la elevación como resultado de efectos gravitacionales.

Por ejemplo, la mayor presión en una capa inferior se equilibra mediante el peso extra que debe llevar y, por lo tanto, no hay desbalance de fuerzas. La variación de la presión como resultado de la gravedad en la mayor parte de los sistemas termodinámicos es relativamente pequeña y generalmente se ignora. Si en un sistema hay dos fases, se encuentra en la fase de equilibrio cuando la masa de cada fase alcanza un nivel de equilibrio y permanece allí. Por

último, un sistema está en equilibrio químico si su composición química no cambia con el tiempo, es decir, si no ocurren reacciones químicas. Un sistema no estará en equilibrio a menos que se satisfagan los criterios de equilibrio necesarios (Çengel & Boles, 2009).

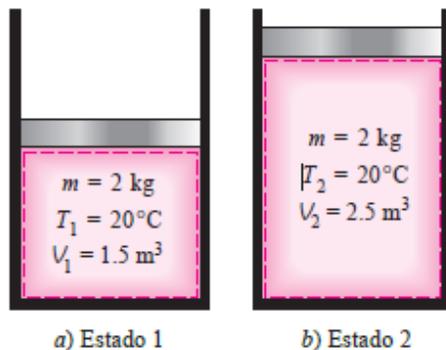


Figura 1. Diferentes estados de un sistema (Çengel & Boles, 2009).

Procesos y Ciclos

Cualquier cambio de un estado de equilibrio a otro experimentado por un sistema es un proceso, y la serie de estados por los que pasa un sistema durante este proceso es una trayectoria del proceso (Figura 1). Para describir de forma completa un proceso se deben especificar sus estados inicial y final, así como la trayectoria que sigue y las interacciones con los alrededores. Cuando un proceso se desarrolla de tal manera que todo el tiempo el sistema permanece infinitesimalmente cerca de un estado de equilibrio, estamos ante un proceso de cuasiequilibrio. Un proceso de este tipo puede considerarse lo suficientemente lento como para permitirle al sistema ajustarse internamente de modo que las propiedades de una de sus partes no cambien más rápido que las de otras (Çengel & Boles, 2009).

Si la trayectoria del proceso es cerrada, es decir, que se puede repetir, el proceso es cíclico y recibe el nombre de ciclo termodinámico, cuando esto ocurre el ciclo inicial y final son el mismo. El prefijo iso- se usa con frecuencia para designar un proceso en el que una propiedad particular permanece constante. Por ejemplo, un proceso isotérmico, es aquel durante el cual la temperatura T permanece constante; un proceso isobárico es en el que la presión P se mantiene constante, y un proceso isocórico (o isométrico) es aquel donde el volumen específico v permanece constante (Çengel & Boles, 2009).



Figura 2. Trayectoria de un proceso termodinámico (Çengel & Boles, 2009).

Proceso de Flujo Estacionario

Un gran número de dispositivos y aparatos operan por extensos periodos bajo las mismas condiciones y son clasificados como dispositivos de flujo estacionario. Los procesos en los que son utilizados tales dispositivos se pueden representar adecuadamente mediante un proceso idealizado, llamado proceso de flujo estacionario, que es posible definir como un proceso durante el cual

un fluido fluye de forma continua y sin cambios por un volumen de control. Lo que significa que las propiedades del fluido pueden cambiar de un punto a otro dentro del volumen de control, pero en algún punto fijo permanecen sin cambio durante todo el proceso (Çengel & Boles, 2009). Por lo tanto, el volumen V , la masa m y el contenido total de energía E del volumen de control permanecen constantes durante un proceso de flujo estacionario.

Las condiciones de flujo estacionario se cumplen al utilizar dispositivos diseñados para operar constantemente, como turbinas, calderas, intercambiadores de calor, bombas, condensadores, plantas de energía o sistemas de refrigeración. Otros dispositivos cíclicos, como máquinas y compresores reciprocantes, no cumplen con ninguna de las condiciones estacionarias, el flujo en las entradas y salidas es pulsante y por lo tanto no es estacionario. Aunque las propiedades del fluido varían con el tiempo de una manera periódica, el flujo en estos dispositivos se puede analizar como un proceso de flujo estacionario mediante valores promediados respecto al tiempo para cada una de sus propiedades (Çengel & Boles, 2009).

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 (First)*. CRC Pr I Llc.