

PODER CALORÍFICO DE UN COMBUSTIBLE

1 INTRODUCCIÓN

Durante un proceso de combustión, la energía química de un combustible es transformada en energía molecular cinética o potencial de los productos.

En virtud de su alta temperatura, los productos pueden producir trabajo, directa o indirectamente, o actuar como almacenadores de calor. En la actualidad los combustibles fósiles constituyen la principal fuente de energía primaria para la industria. Es, por lo tanto, muy necesario examinar las energías asociadas con los procesos de combustión.

2 OBJETIVO

- Determinar el poder calorífico de una muestra de combustible líquido quemado en una atmósfera de oxígeno mediante la bomba calorimétrica.

3 MARCO TEÓRICO

El término relativo a la energía mas común asociado con la combustión es el **valor o poder calorífico**.

El valor calorífico de un combustible es la máxima cantidad de calor que puede obtenerse de los productos de la combustión completa si esos productos se enfrían a la temperatura original de la mezcla de aire y combustible y el agua producida se condensa. La mayoría de los combustibles contienen hidrógeno, que al quemarse produce vapor de agua. En el proceso de enfriamiento de los productos, se condensa cierta cantidad de ese vapor de agua, según las condiciones. Dado que el vapor de agua libera calor al condensarse, el valor calorífico de un combustible depende de la cantidad de vapor de agua que se condensa durante el enfriamiento de los productos de la combustión. Los valores caloríficos varían entre un valor mínimo, cuando no hay condensación alguna, y un valor máximo, cuando hay condensación completa. El valor calorífico obtenido sin condensación de los vapores se llama valor calorífico inferior (o neto). El valor calorífico máximo obtenido cuando la condensación de los vapores es completa, se llama valor calorífico superior (o bruto). Son raras las condiciones de combustión que dan lugar a uno u otro valor extremo. Cuando los productos se enfrían a la temperatura original, el monto de condensación, y, por lo tanto, el valor calorífico depende de la relación de aire a combustible original, la humedad del aire de combustión, la

temperatura del aire, y la presión barométrica. Con tantas variables, se comprenderá que, para cada combustible dado, cada proceso de combustión tiene su propio valor calorífico y que, por consiguiente, el valor calorífico debe ser determinado para condiciones dadas. Para eliminar la necesidad de usar un valor calorífico variable, se han usado como valores normales los valores caloríficos superior e inferior. Al determinar los aumentos de temperatura resultantes de la combustión, debe usarse el valor calorífico inferior, dado que el calor latente del vapor no puede contribuir al aumento de la temperatura.

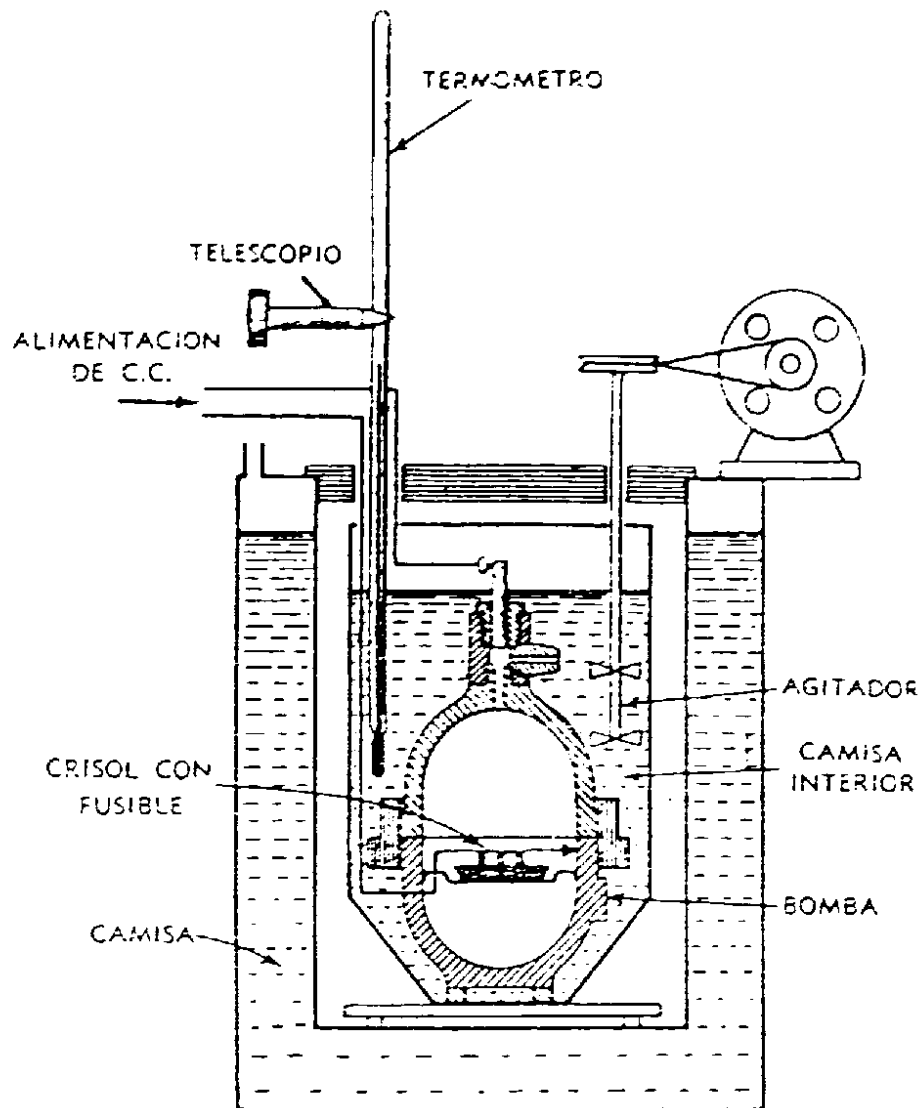
El rendimiento térmico, basado en el combustible, se define como la relación del efecto útil producido por los productos de la combustión al valor calorífico del combustible. El efecto útil puede ser, por ejemplo, el trabajo realizado por un motor térmico, o el calor recibido por el fluido en un calefactor.

La bomba calorimétrica se utiliza para determinar el valor calorífico de un combustible cuando se le quema a volumen constante.

En la bomba que utilizaremos el combustible cuyo valor calorífico se desea averiguar, se coloca en un crisol para combustible. En este crisol se coloca una bobina de alambre fino. La bomba se carga con oxígeno a presión. Cuando pasa una corriente eléctrica por el alambre, el combustible se enciende. La bomba está rodeada por una camisa de agua a fin de absorber el calor desarrollado por la combustión. La bomba tiene también una camisa exterior y un espacio de aire alrededor del recipiente o camisa de agua central para minimizar las pérdidas de calor al ambiente. Aunque el agua del recipiente interior absorbe la mayor porción del calor, éste calor no es el valor calorífico del combustible por:

- La bomba en sí absorbe cierto calor.
- Hay intercambio de calor con la camisa externa.
- El alambre de ignición, libera cierta energía.
- Los productos de combustión no se enfrían a la temperatura original.
- Debido a que la combustión se produce en oxígeno, se alcanza altas temperaturas, lo que resulta en la formación de ácido nítrico y ácido sulfúrico, los que no se producirán en el proceso de combustión normal.

El "equivalente de agua" de la bomba es un dato suministrado por el fabricante. Es la cantidad de agua que tiene la misma capacidad térmica que la bomba y su recipiente o camisa interior. Cuando se duda de este valor la bomba debe ser normalizada, esto se hace quemando en ella un compuesto de valor conocido.



Bomba calorimétrica no adiabática

Gráfico 2.1

En resumen:

Se tiene una camisa a una temperatura cercana al ambiente; dentro de esta se coloca un recipiente que contiene agua destilada (aproximadamente 2 litros). Allí se coloca la bomba de oxígeno sumergida. Su principio de operación consiste en pesar una muestra de combustible (no mayor de 1,00 gramo) y se incinera dentro de la bomba en una atmósfera de oxígeno, mientras esta se halla sumergida en una cantidad de agua en el recipiente ovalado (recipiente de amortiguación), también llamado de homogenización. Observando el incremento de temperatura

del agua y conociendo la energía equivalente del calorímetro (equivalente en agua puede calcularse el calor liberado por el combustible).

4 MONTAJE Y EQUIPOS

- Sujete el motor a la camisa
- Rosque la varilla soporte a la tapa del calorímetro
- Verifique que la columna de mercurio del termómetro no presenta separaciones (en caso contrario haga lo posible por unirlo). Humedezca las dos arandelas y deslícelas a lo largo del cuerpo del termómetro, coloque una de ellas en la graduación inferior y la otra a 5 cm. A partir del extremo; deslice el bulbo del termómetro a través del hueco de la tapa del calorímetro y fíjelo a la varilla soporte mediante una abrazadera. El termómetro deberá mantenerse siempre en posición vertical con la ayuda de un soporte. De esta forma se protege también el agitador.
- Destornille la tapa maleteada, lave el cuerpo interior con agua destilada, séquela con agua caliente y agregue un centímetro cúbico de agua destilada. La bomba tiene dos válvulas tipo cheque que se abren o se cierran automática o manualmente. Asegúrese que la barra maleteada de la válvula este cerrada.
- Coloque la tapa en el soporte.
- Pese mediante el método diferencial una muestra de combustible. **No debe exceder un gramo.**
- Tome un fusible de alambre de 10 cm de longitud y colóquelo en los electrodos de alimentación de C.C. como se muestra en el Gráfico 3.1.
- Coloque el crisol con la muestra en el anillo soporte de los electrodos, de manera tal que quede a escasos milímetros de la superficie de la muestra.
- Cuidadosamente coloque la tapa del calorímetro y enrósquela manualmente.

Cargue la bomba así:

Conecte la tuerca maleteada (A)

- Cierre la válvula de control de conexión de llenado (B)
- Abra la válvula del tanque (C), dando solo un cuarto de vuelta el manómetro indicará presión del tanque.
- Abra la válvula de control de llenado despacio hasta que el manómetro alcance 28 atmósferas (D).
- Cierre la válvula de control (D).
- Abra la válvula de alivio (B).
- Cierre (C), desconecte (A).
- Despresurice el manómetro de control de llenado abriendo la válvula (D), ciérrela.

Coloque la bomba cuidadosamente dentro de la camisa con agua, conectando las terminales a los electrodos, observe si se presentan burbujas, si esto ocurre

verifique si hay escape de gas, en caso de que ocurra este escape, descargue la bomba y repita el proceso.

Coloque la tapa, gire el agitador con la mano para evitar que esté golpeando con algún obstáculo. Coloque la correa de enganche al motor, conecte las terminales eléctricas a la fuente de encendido y ésta a los 110 voltios, igualmente que el motor.

Cabe anotar que estos suministrarán solo 24 voltios ya que la fuente es la encargada de hacer la disminución de voltaje. Ajuste el lente e inicie las lecturas al mismo tiempo que arranca el motor.

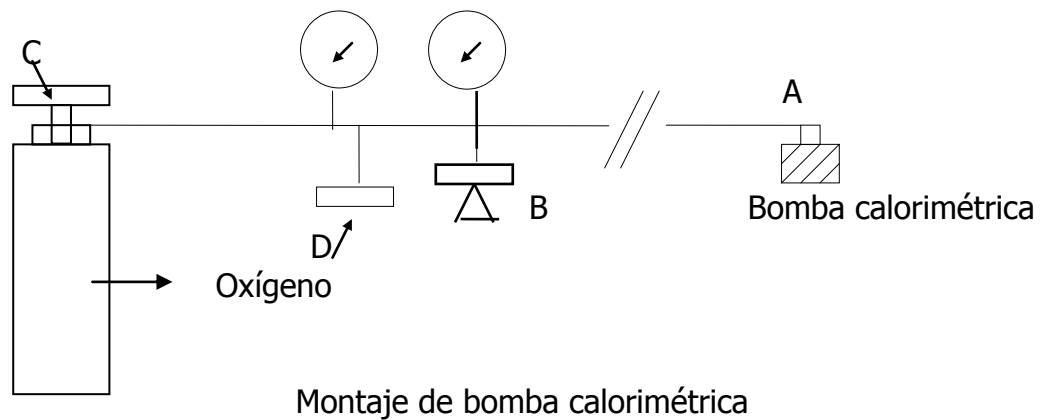


Gráfico 2.2

Donde:

A : Tuerca maleteada.

B : Válvula de control de conexión de llenado.

C: Válvula del tanque.

D: Válvula de control.

Para la toma de datos elabore una tabla con registros de temperatura y tiempo, deje funcionando el agitador por espacio de 5 minutos hasta alcanzar el equilibrio térmico, al final de éste periodo anote la temperatura que se presenta cada minuto por espacio de 5 minutos.

Presione el botón de la unidad de encendido para quemar la carga de la bomba al inicio del minuto sexto.

Mantenga presionado el interruptor durante 5 segundos, si el bombillo piloto de la unidad de voltaje (fuente) no se enciende, se debe repetir el proceso de cargue de la bomba (posiblemente se movió la bomba y la cápsula se derramó en su contenido, o el filamento se hizo corto).

Tome lecturas cada 15 segundos durante 8 minutos, al finalizar éste período tome lecturas cada minuto durante 5 minutos.

APERTURA DEL CALORÍMETRO

Abra la válvula para que los productos de la combustión se liberen. **Este proceso se debe hacer lentamente** . Examine el interior de la bomba buscando hollín o cualquier otra evidencia de combustión incompleta; si ésta aparece, DESCARTE LA PRUEBA.

Correcciones

- Por el fusible: remueva cuidadosamente los segmentos sin quemar el fusible y mida su longitud en centímetros, reste de la longitud original del alambre y se obtendrá la cantidad neta de alambre quemado.
- Corrección por ácido: Se omite en ésta práctica.
- Corrección por azufre: Se omite en ésta práctica.

5 PROCEDIMIENTO

Ver 2.4 MONTAJE Y EQUIPOS

6 ECUACIONES CONCERNIENTES Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

a = Tiempo de ignición.

b = Tiempo en el cual la temperatura llega hasta el 60%.

c = Tiempo de reinicio de la rata de cambio de la temperatura constante.

d = Tiempo al final de la prueba.

T_a = Temperatura correspondiente al punto (a) (se desprecia la corrección por error en la escala del termómetro).

T_c = Temperatura correspondiente al tiempo (c) (se desprecia la corrección por error en la escala del termómetro).

$r_2 = dT/dt$ = Rata en la cual creció la temperatura después del tiempo (c) (puede ser negativa)(unidades de temperatura / minuto).

$r_1 = dT/dt$ = Rata a la cual creció la temperatura durante los cinco minutos antes del encendido (unidades de temperatura / minuto).

C_1 = Mililitros de solución normal alcalina utilizada en la titulación de ácidos.

C_2 = Porcentaje de azufre en la muestra.

C_3 = Centímetros de alambre fusible consumido en la prueba.

C = Equivalente en agua del calorímetro igual a 10155,236 J/°C.

M = Masa de la muestra en gramos.

Se calcula la diferencia de temperaturas: $\Delta T = T_c - T_a - r_1(t_b - t_a) - r_2(t_c - t_b)$

Se determina el poder calorífico:

$$\text{P.C.S.} = \frac{C\Delta T - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

donde:

e_1 = Corrección en calorías por formación de ácido nítrico. e_1 Si la solución resultó alcalina 0.725 N para titulación. (No tener en cuenta en este laboratorio).

e_2 = Corrección en calorías por formación de ácidos Sulfúricos. (no tener en cuenta para éste laboratorio).

e_3 = Corrección en calorías por combustión del alambre fusible, que para nuestro caso (alambre de Níquel - Cromo) es de $9.63 \times C_3$ [J/Cm]