



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

REPORTE PRÁCTICA GENERADORES DE VAPOR

Grupo 06

ARANA RODRÍGUEZ VÍCTOR JOSÉ

Febrero de 2011

PRÁCTICA 2

“GENERADORES DE VAPOR Y CALORÍMETROS”

OBJETIVO

- a) Describir los elementos que constituyen los dos generadores de vapor instalados en el Laboratorio de Máquinas Térmicas.
- b) Calcular la superficie de calefacción, la capacidad y eficiencia de una caldera, y los gastos de combustible y vapor.
- c) Estudiar brevemente la naturaleza del vapor, la importancia de la humedad en el mismo y cómo se mide.

TEMAS DE INVESTIGACIÓN

1. Definición de generador de vapor.

Se define a un generador de vapor a la reunión de varios equipos y dispositivos que en conjunto producen vapor. Estos son: caldera, horno, quemadores, chimenea, ventiladores, bomba de agua de alimentación, sobrecalentador, atemperador, calentador de aire, economizador y precalentador de combustible.

2. Clasificación de los generadores de vapor.

Se pueden clasificar como:

- a) Por la posición relativa de los gases calientes, el agua y el vapor.
 - a. Tubos de humo (pirotubulares)
 - b. Tubos de agua (acuotubulares)
- b) Por la posición de los tubos
 - a. Tubos verticales
 - b. Tubos horizontales
 - c. Tubos inclinados
- c) Por la forma de los tubos
 - a. Tubos rectos
 - b. Tubos curvos
- d) Dependiendo del tipo de tiro
 - a. Tiro forzado
 - b. Tiro inducido
 - c. Tiro balanceado
 - d. Tiro natural

3. Partes principales de un generador.

Caldera. Transmite la energía producto de la combustión al fluido para obtener vapor. La transferencia de calor se realiza a través de una superficie de calefacción, formada por paredes y bancos de tubos. La superficie de

calefacción es el área de una caldera que por un lado está en contacto con los gases y por el otro, con el agua que se desea calentar y evaporar.

Horno. Lugar donde se realiza la combustión; generalmente se encuentra formado por paredes de refractario y bancos de tubos por los que circula agua y vapor.

Quemadores. Dispositivos tubulares donde se logra la adecuada mezcla aire-combustible cuando este último es líquido o gas.

Chimenea. Ducto a través del cual se descargan los gases producto de la combustión.

Ventiladores. Tiro forzado: introducen aire al horno; tiro inducido: extraen los gases calientes del horno después de la combustión.

Bomba de agua de alimentación. Incrementa la presión del agua para alimentar la caldera.

Sobrecalentador. Cambiador de calor en el que se da el sobrecalentamiento deseado al vapor.

Atemperador. Cambiador de calor donde se regula el grado de sobrecalentamiento o temperatura del vapor; puede ser de superficie o de contacto.

Calentador de aire. Cambiador de calor donde los gases producto de la combustión, después de haber cedido parte de su energía a la caldera, calientan el aire para hacer más eficiente la combustión.

Economizador. Cambiador de calor donde los gases de la combustión transmiten otra parte de su energía con la cual aumentan la temperatura del agua de alimentación que va a la caldera, y mejoran la eficiencia del generador debido a que se recupera parte del calor que de otro modo se disiparía en la atmósfera.

Precalentador de combustible. Al utilizar combustóleo o aceite combustible, su viscosidad se disminuye por medio de un calentamiento previo al quemador; se usa un serpentín de vapor o una resistencia eléctrica.

4. Principio de operación del generador.

El principio de operación de un generador de vapor consiste en calentar el agua hasta generar vapor que puede ser utilizado en algún proceso.

5. Tipos de calorímetros

Calorímetro de estrangulación. Si al vapor se le estrangula y a continuación se le expande sin realizar trabajo y suponiendo que no hay pérdidas de calor, la

energía total del vapor permanece invariable. El vapor se estrangula con una válvula y la expansión se lleva a cabo en una cámara para finalmente salir a la atmósfera.

Calorímetro de barril. Se utiliza un barril, al cual se le suministran $\frac{3}{4}$ partes de agua aproximadamente; después se le agrega vapor de agua hasta el momento en el cual el agua del barril comienza a desprender vapor. Para hacer esta práctica primero se pesa el barril vacío, después el barril con agua y se toma la temperatura del agua; al final se pesa el barril con el agua y el vapor condensado y se toma de nuevo la temperatura.

Calorímetro eléctrico. En este calorímetro el vapor húmedo que se obtiene de la caldera se sobrecalienta por medio de una resistencia eléctrica, el calor que la resistencia suministra es igual al calor que el vapor absorbe al sobrecalentarse.

Calorímetro de separación. Consiste en un depósito por el que se hace pasar el vapor siguiendo un camino más o menos sinuoso en el que se interponen placas con estrías, salientes y agujeros para facilitar la decantación de las gotas de humedad del vapor. La cantidad de condensado que va escurriendo se puede medir por medio de un tubo graduado.

6. Principio de operación de los calorímetros.

Los calorímetros se utilizan para medir la calidad de un vapor haciendo pasar este por su interior.

7. Aplicaciones de los generadores de vapor y calorímetros.

Los generadores de vapor se utilizan en procesos industriales en los que se requiere transmisión de calor, en la generación de energía eléctrica, en hoteles, hospitales, etc. Los calorímetros se utilizan para determinar la calidad de un vapor.

MATERIAL

- 1 Termómetro 150 °C
- 1 Termómetro 200 °C
- 1 Cronómetro
- 2 Cubetas

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Calorímetro de estrangulamiento

- Se acciono el calorímetro de estrangulamiento, y se midieron la temperatura y la presión del vapor a la salida del calorímetro.



Calorímetro eléctrico

- Se puso en funcionamiento el calorímetro eléctrico registrando los valores de la presión y temperatura, además, se tomo nota de la cantidad de agua condensada y el tiempo necesario



Caldera

- Se tomo lectura del tiempo de combustión de una cantidad medida de combustible.
- Se tomaron los datos de placa de la caldera.



DATOS OBTENIDOS

Tiempo de combustión	$T_c = 195 \text{ s}$
Altura de combustión	$h_c = 0.05 \text{ m}$
Presión de la caldera	$P_{\text{caldera}} = 7.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
Presión atmosférica	$P_{\text{atm}} = 0.077 \text{ MPa}$
Temperatura caldera	$T_{\text{caldera}} = 95^\circ\text{C}$
Presión vapor sobrecalentado	$P_{\text{sobre}} = 2.8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
Temperatura vapor sobrecalentado	$T_{\text{sobre}} = 157^\circ\text{C}$
Diferencia de potencial	$V = 112 \text{ V}$
Intensidad de corriente	$I = 14.9 \text{ A}$
Tiempo	$t = 30 \text{ s}$
Masa de vapor	$m = 0.650 \text{ kg}$
Presión de diseño	$P_{\text{diseño}} = 10.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
Superficie de calefacción	$S_{\text{calentamiento}} = 47.55 \text{ m}^2$

MEMORIA DE CÁLCULO

GENERADOR DE VAPOR

1. Superficie de calefacción (SC)

$$SC = 47.55 \text{ m}^2$$

2. Capacidad nominal (CN)

$$CN = \frac{SC}{0.93 \text{ m}^2} \cdot 9.81 \text{ kW} = \frac{47.55}{0.93} \cdot 9.81 \text{ kW} = 501.57 \text{ kW}$$

3. Capacidad real (CR)

$$\begin{aligned} CR &= G_v F_p F_a (h_1 - h_0) \\ h_0 &= C_P (T_0 - 0) \\ &= \left(4.186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (95^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

$$h_0 = 397.67 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 77 \text{ kPa} \\ T_2 = 95^\circ\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow[\text{sobrecalentado}]{\text{vapor}} h_2 = 2668.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$CR = (0.0216) \left(\frac{7.5}{10.5} \right) (0.78)(2668.7 - 397.67) = 27.33$$

donde:

Gasto de vapor (G_v)

Factor de altura (F_a) = 0.78

Factor de presión (F_p) = $\frac{P}{P_{\text{diseño}}}$

4. Factor de sobrecarga (FS)

$$FS = \frac{CR}{CN}$$

$$FS = \frac{27.33}{501.57} = 0.054$$

5. Calor real admitido

$$Q_R = CR$$

6. Gasto de combustible

$$G_{\text{comb}} = \frac{Ah}{t} \cdot \rho$$

$$\rho = 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_c = \frac{0.0018 \text{ m}^3}{195 \text{ s}} \cdot 850 = 0.0078 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

7. Calor suministrado

$$Q_s = PCS \cdot G_{\text{comb}}$$

Poder calorífico superior (PCS) = $42\,000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$Q_s = (42000)(0.0078) = 329 \text{ kJ}$$

8. Eficiencia del generador de vapor

$$\eta = \frac{Q_R}{Q_S}$$

$$\eta = \frac{273.3}{329} = 0.83$$

Calorímetro de estrangulamiento

Para obtener el valor de la calidad en este calorímetro se parte de la expresión para el cálculo de cualquier propiedad, por ejemplo la entalpía, en función de la calidad. Es decir:

$$h_1 = h_{f1} + \chi h_{fg1}$$

El proceso del estado 1 al estado 2 es isentálpico, por lo tanto, las entalpías en el estado 1 y 2 son iguales. Aprovechando este hecho y despejando la entalpía en el estado 1, de la ecuación anterior.

$$\chi = \frac{h_2 - h_{f1}}{h_{fg1}}$$

Para calcular la entalpía en el estado 2 hacemos uso de las tablas de vapor sobrecalentado conociendo los valores de la presión y temperatura en dicho estado.

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 77 \text{ kPa} \\ T_2 = 95 \text{ }^\circ\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow[\text{sobrecalentado}]{\text{vapor}} h_2 = 2668.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Los valores de las entalpías restantes se obtienen de tablas de vapor saturado utilizando el valor de la presión en la caldera

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{\text{atm}} + P_{1\text{man}} \\ &= 0.077 \text{ MPa} + 0.74 \text{ MPa} \\ P_1 &= 0.817 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$P_1 = 0.817 \text{ MPa} \xrightarrow[\text{saturado}]{\text{vapor}} \left\{ \begin{array}{l} h_{f1} = 724.87 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ h_{fg1} = 2045.08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{array} \right.$$

Sustituyendo los valores anteriores

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{2668.7 - 724.87}{2045.08} \\ \chi &= 0.95 \end{aligned}$$

Calorímetro eléctrico

En este calorímetro el vapor que se obtiene de la caldera se sobrecalienta por medio de una resistencia eléctrica. El valor de la calidad se obtiene utilizando la misma expresión que se usó para el calorímetro de estrangulamiento

$$\chi = \frac{h_1 - h_f}{h_{fg}}$$

Para obtener la entalpía en el punto 1, se parte del hecho de que la potencia eléctrica que la resistencia suministra es igual al calor que el vapor absorbe al sobrecalentarse. Por lo tanto.

$$V \cdot I = \dot{m}_v(h_2 - h_1)$$

Despejando la entalpía en el estado 1 se tiene:

$$h_1 = h_2 - \frac{V \cdot I}{\dot{m}_v}$$

El valor de la entalpía en el punto 2 se obtiene de las tablas de vapor sobrecalentado, a partir de la presión y temperatura registradas en el calorímetro.

$$P_2 = P_{\text{atm}} + P_{2\text{man}}$$

$$P_2 = 77 \text{ kPa} + 274.59 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 351.59 \text{ kPa}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 351.59 \text{ kPa} \\ T_2 = 157^\circ \text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow[\text{sobrecalentado}]{\text{vapor}} h_2 = 2770.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Los valores de la diferencia de potencial e intensidad de corriente se tomaron en la práctica. El gasto de vapor se obtuvo al medir la cantidad de agua depositada en una cubeta proveniente del condensador y el tiempo necesario para llenar esta.

$$\dot{m}_v = \frac{m_{\text{agua}}}{t}$$

$$\dot{m}_v = \frac{0.650 \text{ kg}}{20 \text{ s}} = 0.0216 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Por lo tanto

$$h_1 = 2770.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - \frac{(112 \text{ V})(14.9 \text{ A})}{0.0216 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}$$

$$h_1 = 2193.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Obtenemos los valores de las entalpías restantes de las tablas de vapor con la presión del vapor en la caldera.

$$P_1 = 0.817 \text{ MPa} \xrightarrow[\text{saturado}]{\text{vapor}} \left\{ \begin{array}{l} h_{f1} = 724.87 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ h_{fg1} = 2045.08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{array} \right.$$

Sustituyendo en la expresión para encontrar la calidad

$$\begin{aligned}\chi &= \frac{h_1 - h_{f1}}{h_{fg1}} \\ &= \frac{2193.2 - 724.87}{2045.08} \\ \chi &= 0.71\end{aligned}$$

CONCLUSIONES

De los resultados de la práctica podemos sacar conclusiones respecto a la eficiencia y a la calidad. Respecto de la eficiencia podemos decir que se tiene una eficiencia alta a pesar de la edad de la caldera y las condiciones de trabajo diferentes respecto a las cuales fue diseñada. Por otro lado, al calcular las calidades del vapor en los distintos calorímetros se obtuvieron resultados significativamente diferentes. Atribuyo esta variación a errores en las mediciones.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Prácticas de laboratorio de maquinas térmicas. UNAM. FI.
- ✓ <http://es.wikipedia.org>.
- ✓ V.M. FAIRES. Termodinámica.