

RESUMEN DEL CONTENIDO DEL INFORME

En este informe se muestran 2 formas de cómo obtener título de vapor, por expansión y mezcla. Se ocuparon distintos instrumentos para poder realizar la experiencia, los cuales están descritos con sus características técnicas. También se muestra una pequeña reseña teórica con respecto a las fórmulas utilizadas y definiciones de cada uno de los materiales empleados.

OBJETIVO DE LA EXPERIENCIA:

Reconocimiento de equipos, instrumentales y técnicas para obtención de título o calidad de un vapor de agua.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INSTRUMENTOS EMPLEADOS

• Caldera:

Marca : Fulton Steam

Modelo : F-30

Tipo : Igneotubular

Año :1973

Superficie de calefacción: 10 m^2

Presión máxima: $5,3 \text{ Kg/cm}^2$

• Termocupla:

Marca : Flunke 52

Modelo : 52 K/J

Tipo : Inmersión

Rango de medidas: K= -200°C a 1370°C ; J= -200°C a 760°C

Error instrumental: $\pm 1,1^\circ\text{C}$ (Para rangos entre 0°C y 260°C)

• Calorímetro de mezcla:

• Bascula:

Tipo : Cóndor

Rango : 0 a 50 Kgs

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO SEGUIDO

Esta experiencia se inicio con una explicación teórica por parte del profesor donde explico el uso del grafico P-H (Presión – Entalpía). Mostró los distintos valores que se pueden obtener, como temperatura, entropías, títulos de vapor, etc. Luego de esperar que la caldera estuviera en las condiciones apropiadas para realizar el trabajo, comenzamos con la experiencia por expansión. Acá el procedimiento consiste en hacer pasar el vapor de la caldera por una válvula de expansión (Isoentalpica), que manda al vapor hacia el ambiente. El vapor al salir se le mide su temperatura, y por tablas termodinámicas se puede obtener su entalpía, su volumen, etc. Así con estos datos los aplicamos formulas y obtenemos el titulo de vapor.

Luego comenzamos la obtención del titulo por mezcla, acá se utilizo un calorímetro al cual le tomamos su peso. Después se lleno con cierta cantidad de agua, se vuelve a tomar su peso y se toma la temperatura del agua, posteriormente se lleva a la caldera en donde al agua le introducimos vapor, para luego medir su temperatura nuevamente y compararla con la ya tomada. Se observara el valor de la presión manométrica del vapor y la presión atmosférica para así con estos datos podamos mediante formulas y tablas termodinámicas determinar el valor del titulo del vapor.

CONCLUSIONES

Ya finalizado el calculo de los titulo de vapor se pudo observar que los valores obtenidos concuerdan con la teoría y con lo esperado sobre el funcionamiento de una caldera, cabe destacar si que en la experiencia de mezcla nuestro valor obtenido es sobre el 100%, pero sabemos que la causa es por los rangos de error de los instrumentos o por error humano. Una caldera ojala pudiese entregar un 100% de titulo, ya que entregaría lo máximo en energía, pero los valores obtenidos son muy aproximados a este, por eso se puede concluir el buen funcionamiento de la caldera.

A lo que respecta a los objetivos de la experiencia, se puede decir con seguridad que se han logrado; se obtuvo un conocimiento claro de los instrumentos utilizados tanto como su uso o como sus características técnicas, se logro aplicar la teoría a la practica con total satisfacción; tanto formulas como las tablas termodinámicas.

APENDICE

• Teoría del experimento

Vapor de agua:

Agua en estado gaseoso, que se emplea para generar energía y en muchos procesos industriales. Esto hace que las técnicas de generación y uso del vapor de agua sean componentes importantes de la ingeniería tecnológica. La producción de electricidad depende en gran medida de la generación de vapor, para lo que el calor puede provenir de la combustión de carbón o gas, o de la fisión nuclear de uranio. El vapor de agua también se sigue usando mucho para la calefacción de edificios, y sirve para propulsar a la mayoría de los barcos comerciales del mundo.

El vapor de agua puro es un gas invisible. Con frecuencia, no obstante, cuando el agua hierve, el vapor arrastra minúsculas gotas de agua, y puede verse la mezcla blanquecina resultante. Un efecto similar tiene lugar cuando se expulsa vapor de agua seco a la atmósfera, más fría. Parte del vapor se enfría y se condensa formando las familiares nubes blancas que se ven cuando hierve una cazuela en la cocina. En estos casos se dice que el vapor está húmedo.

Cuando el vapor se encuentra exactamente en el punto de ebullición que corresponde a la presión existente se lo denomina vapor saturado. Si se calienta el vapor por encima de esta temperatura se produce el llamado vapor sobrecalentado. El sobrecalentamiento también se produce cuando se comprime el vapor saturado o se

estrangula haciéndolo pasar por una válvula situada entre un recipiente de alta presión y otro de baja presión. El estrangulamiento hace que la temperatura del vapor caiga ligeramente, pero a pesar de ello su temperatura es superior a la del vapor saturado a la presión correspondiente. En los sistemas modernos de generación de energía eléctrica suele emplearse vapor en este estado sobrecalentado.

Caldera:

Dispositivo utilizado para calentar agua o generar vapor a una presión superior a la atmosférica. Las calderas se componen de un compartimiento donde se consume el combustible y otro donde el agua se convierte en vapor.

Calderas de tubos de humo o semitubulares

Las máquinas de Savery, Watt y Newcomen trabajaban a presiones sólo un poco superiores a la atmosférica. En 1800 el inventor estadounidense Oliver Evans construyó una máquina de vapor a alta presión utilizando una precursora de la caldera semitubular. La caldera de Evans consistía en dos armazones cilíndricos, colocados uno dentro del otro, con agua entre ambos. La parrilla y los conductos estaban alojados en el cilindro interior para permitir un rápido aumento de la presión del vapor. De forma simultánea pero independiente el ingeniero británico Richard Trevithick desarrolló una caldera similar que se utilizó en Cornualles. La primera mejora sustancial de las calderas de Evans y Trevithick fue la caldera Lancashire, patentada en 1845 por el ingeniero británico William Fairbairn, en la cual los gases calientes de la combustión se conducen a través de tubos insertados en el contenedor de agua, lo que aumenta la superficie por la que el calor puede ser transmitido. Las calderas semitubulares tenían limitaciones de capacidad y presión, además de reventar en ocasiones.

Calderas tubulares La presión en las calderas, sin embargo, permaneció limitada hasta el primer diseño viable de la caldera tubular, patentada en 1867 por los inventores estadounidenses George Herman Babcock y Stephen Wilcox. En la caldera tubular el agua recorría unos tubos calentados por gases de la combustión y el vapor se acumulaba en un tambor. Esta disposición aprovechaba el calor de convección de los gases y el calor radiante del fuego y las paredes de la caldera. La amplia aplicación de la caldera tubular se hizo posible en el siglo XX con adelantos como las aleaciones de acero de alta temperatura y las técnicas modernas de soldadura, que convirtieron la caldera tubular en el modelo de las grandes calderas.

Las modernas calderas tubulares pueden operar a presiones de 340 atm y generar más de 4.000 toneladas de vapor por hora. Dado que la temperatura de combustión puede superar los 1.650 °C, el flujo de agua se controla mediante circulación simple o forzada. Con la utilización de los llamados supercalentadores, las calderas modernas pueden alcanzar un 90% de rendimiento del combustible. Los precalentadores calientan el aire que entra con los gases de la combustión que se descargan al conjunto; los precalentadores de agua utilizan los gases de los conductos para calentar el agua antes de introducirla en la caldera. El control de las corrientes y el tratamiento químico del agua para evitar la deposición de óxidos y la corrosión también contribuyen a la eficiencia del funcionamiento.

Entalpía:

Cantidad de energía de un sistema termodinámico que éste puede intercambiar con su entorno. Por ejemplo, en una reacción química a presión constante, el cambio de entalpía del sistema es el calor absorbido o desprendido en la reacción. En un cambio de fase, por ejemplo de líquido a gas, el cambio de entalpía del sistema es el calor latente, en este caso el de vaporización. En un simple cambio de temperatura, el cambio de entalpía por cada grado de variación corresponde a la capacidad calorífica del sistema a presión constante. El término de entalpía fue acuñado por el físico alemán Rudolf J.E. Clausius en 1850. Matemáticamente, la entalpía H es igual a $U + pV$, donde U es la energía interna, p es la presión y V es el volumen.

Calorímetro:

Instrumento que mide la calorimetría. El tipo de calorímetro de uso más extendido consiste en un envase cerrado y perfectamente aislado con agua, un dispositivo para agitar y un termómetro. Se coloca una fuente de calor en el calorímetro, se agita el agua hasta lograr el equilibrio, y el aumento de temperatura se comprueba con el termómetro. Si se conoce la capacidad calorífica del calorímetro (que también puede medirse utilizando una fuente corriente de calor), la cantidad de energía liberada puede calcularse fácilmente. Cuando la fuente de calor es un objeto caliente de temperatura conocida, el calor específico y el calor latente pueden ir midiéndose según se va enfriando el objeto. El calor latente, que no está relacionado con un cambio de temperatura, es la energía térmica desprendida o absorbida por una sustancia al cambiar de un estado a otro, como en el caso de líquido a sólido o viceversa. Cuando la fuente de calor es una reacción química, como sucede al quemar un combustible, las sustancias reactivas se colocan en un envase de acero pesado llamado bomba. Esta bomba se introduce en el calorímetro y la reacción se provoca por ignición, con ayuda de una chispa eléctrica.

Formulas utilizadas:

$$H = H_f + x * H_{fg}$$

$$H = (M_f * U_f - M_i * U_i) / (M_f - M_i)$$

$$U = U_f + x * U_{fg}$$

$$U_f = H_f - P \text{ SATURACION} * V_f$$

DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

• Expansión

Los datos obtenidos fueron:

Pa = 66,5 PSI = 0,5547 MPa Pa: presión antes de la válvula

Pb = 721,9 mmHg = 0,09624 MPa Pb: presión atmosférica

$$T_{\text{vapor}} = 99,5^{\circ}\text{C} = 372,5^{\circ}\text{K}$$

La válvula es isoentalpica, por eso si nosotros definimos como sección a (Antes de la válvula) y sección b (Después de la válvula) podemos decir que $H_a = H_b$. Entonces los valores son:

$$H_b = H_f + X * H_{fg} \text{ (Acá el título de vapor es prácticamente 1) entonces}$$

$$H_b = H_g \text{ (Por tabla obtenemos } H_g \text{ entrando con una temperatura de } 372,5^{\circ}\text{K)}$$

$$H_g = 2674,55 \text{ Kj/Kg} = H_b$$

$$\text{Luego } H_a = H_f + X * H_{fg}$$

$$H_a = 2674,55 \text{ Kj/Kg} = H_b$$

H_f y H_{fg} los obtenemos por tabla entrando con una presión de

0,5547 MPa

$H_f = 656,37 \text{ Kj/Kg}$

$H_{fg} = 2096,31 \text{ Kj/Kg}$

$2674,55 \text{ Kj/Kg} = 656,37 \text{ Kj/Kg} + X * 2096,31 \text{ Kj/Kg}$

$X = 0,9627$

$X = 96,27\%$

• Mezcla

Los datos obtenidos fueron:

Peso del cilindro = 11,6 Kgm

Peso del agua (M_i) = 11 Kgm

Peso del vapor = 0,2 Kgm

Peso del agua + vapor (M_f) = 11,2 Kgm

Temperatura del agua = $17,7^\circ\text{C} = 290,85^\circ\text{K}$

Temperatura del agua + vapor = $30,1^\circ\text{C} = 303,25^\circ\text{K}$

Presión manométrica = 65 PSI = 0,448 MPa

Presión atmosférica = 721,9 mm Hg = 0,09624 MPa

Presión absoluta = 0,5442 MPa

Ahora se calculara la entalpía del vapor, para eso ocuparemos la siguiente formula: $H_{\text{vapor}} = (M_f * U_f - M_i * U_i) / M_{\text{vapor}}$

Donde U_f = energía interna del agua + vapor

U_i = energía interna del agua

Estos valores se pueden sacar fácilmente de tablas ya que $U = U_f + X * U_{fg}$

solo nos queda como $U = U_f$ donde $U_f = H_f - P_{\text{saturación}} * V_f$, esto porque $X = 0$ en el caso del agua y en la mezcla de agua más vapor.

$U_i = 73,27 - 0,002038 * 0,001001$

$U_i = 73,26 \text{ Kj/Kg}$

$U_f = 125,41 - 0,004304 * 0,001004$

$$UF = 125,4 \text{ Kj/Kg}$$

$$\text{Por lo tanto } H_{\text{vapor}} = (11,2 * 125,4 - 11 * 73,26) / 0,2$$

$$H_{\text{vapor}} = 2993,1 \text{ Kj/Kgm}$$

Ahora ocupando $H = H_f + X * H_{fg}$ calcularemos el título del vapor, previo de encontrar H_f y H_{fg} en las tablas. Para entrar a tablas ocuparemos la presión absoluta.

$$H_f = 653,19 \text{ Kj/Kg}$$

$$H_{fg} = 2098,63 \text{ Kj/Kg}$$

$$\text{Por lo tanto } 2993,1 = 653,19 + X * 2098,63$$

$$X = 1,1$$

$$X = 110\%$$

Nota: En termodinámica los títulos de vapor tienen un rango entre 0 y 100%, es por eso que es bastante extraño que nuestro calculo haya dado un 110% ya que el valor esperado es menor al 100%, pero cercano a el.

Esto pudo haber ocurrido por las siguientes razones:

- Error en la toma de presiones o temperaturas por parte del experimentador.
- Error instrumental por parte de cada equipo
- **Aplicaciones del vapor**
- Calderas
- Barcos a vapor
- Centrales Termoeléctricas
- Transporte terrestre
- Torres de enfriamiento
- Baños de vapor
- Maquina de vapor
- Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado
- Cámaras de niebla
- Compresores
- Fabricación de gas de agua
- Invernaderos
- Tecnología alimentaria
- Turbinas de vapor
- Extracción de petróleo

◇ Bibliografía utilizada

- Enciclopedia Encarta 2000
- Apuntes cuaderno de cátedra

INDICE DE LA MATERIA

- Resumen del contenido de la materia
- Objeto de la experiencia

- Características técnicas de los equipos e instrumentos empleados
 - Caldera
 - Termocupla
 - Calorímetro de mezcla
 - Bascula
 - Descripción del método seguido
 - Desarrollo de los cálculos y presentación de los resultados
 - Conclusiones
 - Apéndice
 - ◆ Teoría del experimento
 - ◆ Bibliografía empleada
 - ◆