DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SOPLETE A PRESIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE MÁSTIQUE ASFÁLTICO.

Ing. Aliocha Torres Jiménez[1], Ing. Juan Enrique Rodríguez Bertrán[2], Lic. Gisela Guerrero Concepción

1,2 Universidad de Matanzas – Sede "Camilo Cienfuegos", Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.
juane.rodriguez@umcc.cu

CD de Monografías 2016
(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Resumen

La investigación que se desarrolla en este trabajo es la metodología para el diseño y los planos de construcción de un soplete horizontal que funciona con varios combustibles. El soplete se encarga de combinar en las proporciones adecuadas el combustible con el elemento comburente para un rango de potencias térmicas de funcionamiento. El comburente puede ser aire atmosférico, oxígeno puro o una mezcla de estos dos donde el quemador realiza la mezcla combustible-comburente y hace que el proceso de combustión sea eficiente, garantizando una llama uniforme y estable. Se determinaron los materiales de cada uno de los componentes y se llegó a la conclusión de que éste es fácil de construir y de manipular. Al mismo se le realizaron pruebas para determinar la presión de la cantidad de aire adecuado en los distintos combustibles que se proponen.

***Palabras claves**: Diseño; Construcción; Soplete; Funcionamiento*

Introducción

La humanidad debido al desarrollo industrial moderno se ha hecho dependiente de la energía química contenida en los hidrocarburos la cual es un proceso de conversión limpia y eficiente. Los equipos utilizados para efectuar el proceso de combustión, ya sea para combustibles sólidos, líquidos o gaseosos son denominados quemadores. El proceso de diseño de estos equipos para un funcionamiento eficiente no es de conocimiento abierto al público en general ya que hay poca información detallada al respecto y las mismas se adquieren mediante la experimentación real.

Desarrollo

La combustión se define como la reacción química entre un combustible y un comburente (oxígeno), cuyo fin es producir energía calorífica y en la cual se forman productos como gases y cenizas. Cuando la reacción de combustión es completa, a partir del carbono e hidrógeno contenidos en los derivados del petróleo se obtienen como productos dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Por el contrario si la combustión es incompleta adicionalmente tiene lugar la formación de monóxido de carbono (CO). La combustión puede dar origen a otras emisiones como óxidos, producto de la reacción del oxígeno con elementos como azufre, hierro y sílice, que forman parte de la composición de algunos combustibles.

(c) 2016, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Fenómenos bajos los cuales se basa el funcionamiento de los sopletes de combustibles líquidos por gasificación:

a. Flujo laminar y flujo turbulento:

En la industria de los quemadores se necesitan los dos tipos de flujo. Se necesita el flujo turbulento para hacer más homogénea la mezcla aire-combustible y para los gases de escape de la chimenea del horno, caldera, etc. Pero para la llama se necesita flujo laminar, para evitar un fenómeno llamado retrollama que ocurre en quemadores de premezcla, en el cual la llama se propaga hacia detrás de la extremidad del quemador. Se puede determinar si el flujo es laminar o turbulento por medio de una cantidad adimensional denominada número de Reynolds (R_e) que en nuestro caso es:

$$R_e = \frac{V * D * \rho}{\mu} = \mathbf{1806}$$

Para el flujo en tuberías si Re>4000 el flujo es turbulento y para Re<2300 el flujo es laminar, entre estos dos valores esta la zona de transición entre laminar y turbulento.

b. Densidad de la mezcla de gases (ρ) presente en el combustible gasificado:

Utilizando esta ecuación se puede calcular la densidad del gas en condiciones estándar (ρ_{STSP}) nos queda que en nuestro quemador es:

$$\rho_{STSP} = 0{,}0765 * \frac{MW_{gas}}{28{,}965} = \mathbf{202{,}7\ Kg/m^3}$$

c. Arrastre producido por el fluido inyectado:

Cuando un fluido emerge de un inyector, interactuará con el fluido que se encuentra a su alrededor, esto es llamado arrastre y es común en sistemas de combustión. Este fenómeno es causado porque cuando el fluido sale del inyector a una zona de baja presión el fluido circundante es arrastrado por el fluido inyectado, de tal forma que los dos fluidos se mezclan. Como el fluido inyectado captura el fluido circundante, el diámetro del flujo libre se incrementa, el ángulo del chorro libre encontrado experimentalmente es de 22° sin importar la naturaleza del fluido que es inyectado y sin importar la naturaleza del fluido de la zona de descarga.

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

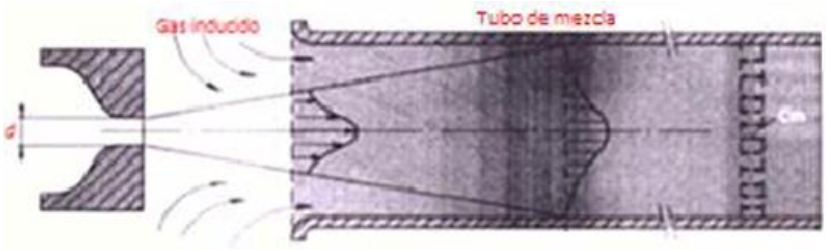

Fig. 1. Perfil de velocidades de un tubo de mezcla.

Fig.2. Fenómeno de arrastre y proceso de mezclado en la descarga de gases a la atmósfera.

La cantidad del fluido circundante de (aire) m^{∞}, se determina mediante esta ecuación:

$$m^{\infty} = 0{,}32 * \left(\frac{\rho^{\infty}}{\rho f}\right)^{1/2} * \left(\frac{x}{d_i}\right) = \mathbf{7{,}8 * 10^{-5}\, m^3/s}$$

d. Estequiometría de la combustión:

Lo primero es ajustar la ecuación estequiométrica, la cual se realiza por el método de tanteo y queda de la siguiente forma:

$$C_{12}H_{26} + \frac{37}{2}O_2 \rightarrow 12CO_2 + 13H_2O$$

Con la ecuación estequiométrica se puede calcular la cantidad de aire necesario para desarrollar la combustión, a esta cantidad de aire se le denomina aire estequiométrico.

Despejando x queda que:

$$x = \frac{\mathbf{16{,}6\, gaire}}{\mathbf{gcombustible}}$$

Esto significa que por cada gramo de combustible se le suministrará 16,6 g de aire para que ocurra la combustión completa.

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

e. Calor ($\dot{Q}$) que entrega el soplete:

Con el poder calórico de diesel $(q) = 45\ KJ/Kg$ y un flujo másico $(\dot{m}) = 0{,}019\ Kg/s$, cuando la combustión se hace completamente, el calor ($\dot{Q}$) que se obtiene del combustible es:

$\dot{Q} = \dot{m} * q = \mathbf{0{,}855\ KJ/s}$

El poder calorífico expresa la energía que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente.

f. Experimento diseñado para determinar la presión más apropiada en la mezcla de combustible:

Tabla 1: Experimentos:

Combustible	Presión (lb/pul^2)	Coloración de la llama
Diesel	20	Amarilla
Diesel	30	Naranja
Diesel	40	Azulada
Queroseno	20	Naranja
Queroseno	30	Azulada
Queroseno	40	Azulada
Mezcla (50%)	20	Amarilla
Mezcla (50%)	30	Naranja
Mezcla (50%)	40	Azulada

Como se observa en la tabla los mejores resultados se obtienen con 40 lb/pul^2 en tres casos analizados. Este experimento se realizó manteniendo igual arrastre y considerando que la llama azulada es aquella donde se logra los mejores resultados de la mezcla de combustible-oxígeno.

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Fig.3. Conformación de la llama.

g. Partes del soplete, ensamble y mantenimiento:

A partir de los cálculos realizados se diseñaron las partes y materiales del soplete, tratando de que estos sean iguales o parecidos a los que habitualmente están en el mercado para los fogones Pike.

Tabla 2: Materiales de los elementos que conforman el soplete:

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Cantidad	Denominacion	Marca	Referencia	Material
1	Tuerca	20	GOCT 5909-51	AISI 1020
1	Arandela de Presión	19	GOCT 6402-52	AISI 1015
1	Quemador	18	PP-00-00-04	AISI 1020
1	Perno de agarre	17	GOST 1489-58	AISI 1020
1	Estabilizador de llama	16	PP-00-00-03	AISI 316
1	Mezclador	15	PP-00-00-14	Aluminio 2219
1	Anillo de inyección	14	SE-00-01	Cobre
1	Tapón	13	PP-00-00-11	Goma
1	Garganta	12	PP-00-00-09	AISI 1020
1	Aguja	11		AISI 9260
1	Boquilla	10	PP-00-00-02	AISI C80000
1	Guardera	9	PP-00-00-15	AISI 1020
1	Malla	8	PP-00-00-08	AISI 316
1	Gasificador	7	PP-00-00-17	AISI 1020
1	Arandela Plana	6	PP-00-00-07	Aluminio 2219
1	Tubería	5	PP-00-00-12	Cobre
1	Cámara de regulación	4	PP-00-00-16	AISI C80000
1	Prense	3	PP-00-00-01	AISI C80000
1	Palanca de cierre	2	PP-00-00-13	AISI 1015
1	Piloto	1	PP-00-00-10	AISI 1045

Lista de elementos

Soplete en sus tres vistas.

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

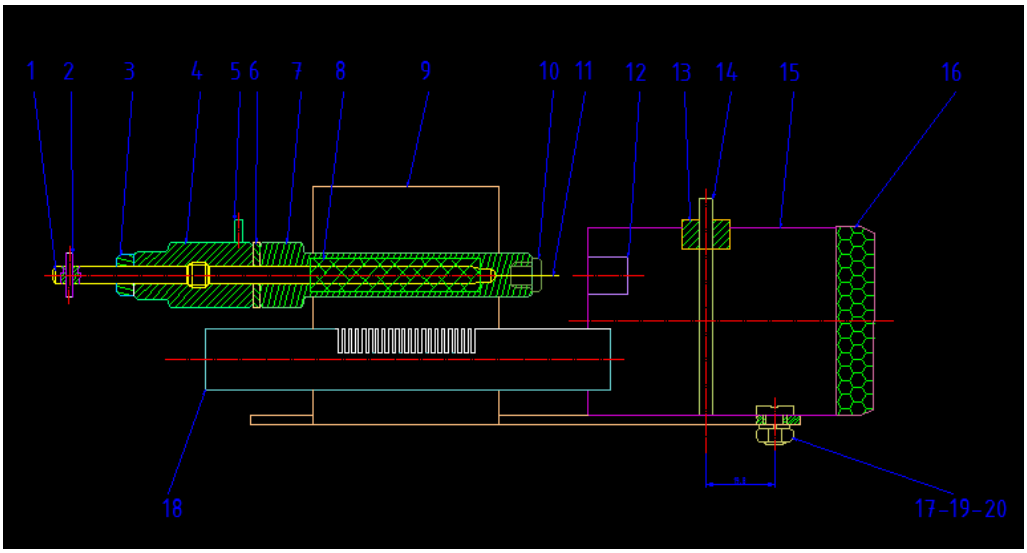

Fig.4. Vista frontal.

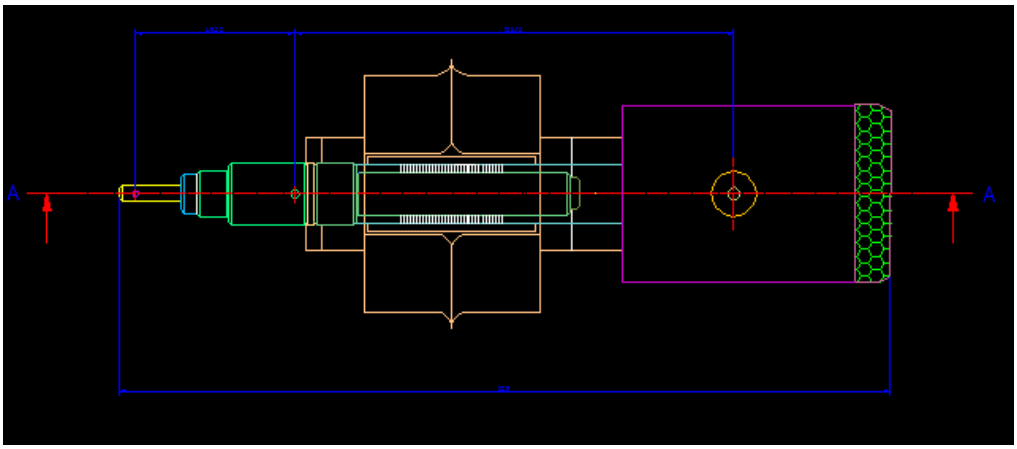

Fig.5. Vista superior.

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

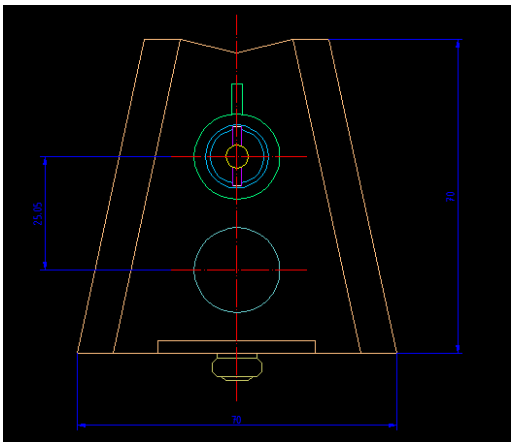

Fig.6. Vista lateral.

Función de cada componente referido a la Figura 4:

1 - El **piloto** permite regular la cantidad de gas combustible que se va a suministrar al soplete para que ocurra la combustión.

2 - La **palanca de cierre** es la encargada de girar el piloto ya sea para encender o apagar el soplete.

3 - El **prense** permite realizar un apriete tal que evite salidero de combustible entre el piloto y la cámara de regulación, se aprieta con hilo grafitado por dentro.

4 - La **cámara de regulación** se encarga de alinear el piloto, regularlo y permitir el paso de combustible por ella.

5 - La **tubería** transporta el combustible del tanque hasta el soplete.

6 - La **arandela plana** puede ser de aluminio, bronce o un metal blando para garantizar el cierre hermético entre la cámara de regulación y el gasificador, evitando salidero de gas.

7 - El **gasificador** está destinado para a partir de una determinada temperatura, calentarse y gasificar el combustible líquido que circula por su interior.

8 - La **malla** ocupa un volumen determinado dentro del gasificador con el objetivo de crear una película fina del combustible líquido y facilitar su gasificación, además de filtrarlo para que no existan tupiciones en0 la boquilla.

9 - La **guardera** tiene diferentes usos como realizar el precalentamiento del gasificador, sostener al mismo y al quemador, y no permite que el aire distorsione el precalentamiento.

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

10 - La **boquilla** debido a su pequeño orificio en el centro es la encargada de aumentar la presión a la salida e introducir el gas dentro del mezclador del soplete.

11 - La **aguja** permite que pase o no el gas.

12 – La **garganta** permite controlar, organizar y dirigir el fluido de gas que sale hacia el mezclador.

13 – El **tapón** no permite que exista salidero de gas entre el anillo de inyección y el mezclador.

14 – El **anillo de inyección** va sujeto a la **lámina de estrangulación** con el objetivo de que cuando la lámina estrangula al fluido de gas que pasa por la garganta le retiene la velocidad con que sale y ahí se aprovecha y se le suministra aire a presión distribuido uniformemente con el anillo para que exista una mezcla de gases completa y la combustión sea homogénea.

15 – El **mezclador** tiene como objetivo realiza la mezcla de los dos gases aire-combustible.

16 – El **estabilizador de llama** es el encargado de estabilizar la llama.

17 – El **perno de agarre** es el encargado de unir la guardera y el mezclador en un solo conjunto.

18 – El **quemador** recoge el gas que rebota contra la lámina de estrangulación con el objetivo de darle candela al gasificador y calentarlo al punto que gasifique el combustible que circula por su interior, y realizar un ciclo continuo de retroalimentación.

Debido al largo número de variables envueltas es un gran reto para los ingenieros que diseñan y construyen quemadores predecir apropiadamente y optimizar el funcionamiento del sistema. Los diseñadores de quemadores usualmente confían en experimentos y modelos computarizados para determinar su correcto funcionamiento.

Procedimiento para el ensamble.

1 – Roscar el **piloto** con la **aguja** ya puesta en la punta en la **cámara de regulación,** introducir la **malla** en el **gasificador** con la **boquilla** ya roscada en el mismo y unir estos elementos con la **arandela plana** entre ambos.

2 – Roscar el **prense** en la **cámara de regulación** introduciéndole hilo grafitado para que no exista salidero de combustible y colocar la **palanca de cierre**.

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

3 – Colocar el **anillo de inyección** que va sujeto a la **lámina de estrangulación** dentro del **mezclador** y ponerle el **tapón**.

4 – Emboquillar la **garganta** y el **quemador** en el **mezclador**.

5 – Fijar la **guardera** al **mezclador** con el **perno de agarre** y colocar el **estabilizador de llama.**

6 – Conectar la entrada de combustible y aire.

Todas las conexiones tanto para el estabilizador de llama como para las roscas se le deben aplicar pasta dental con el objetivo de que no existan salideros de gases. Para una mejor visión auxiliarse del plano de ensamble del soplete.

Encendido y apagado del soplete.

- Realizar un precalentamiento con alcohol dentro de la guardera hasta que salga el gas por la punta teniendo el piloto cerrado.

- Encender el compresor antes de suministrarle el gas y regular la cantidad de aire que sea necesario.

- Prender el soplete con un papel encendido para mayor seguridad y en dependencia del color de la llama regular el gas con el aire, tratar que la llama se torne de color azulada en la base del estabilizador. Si se nota alguna candelilla amarilla es que no se ha quemado lo suficiente el gas y necesita más aire.

- Para realizar el apagado, disminuya la entrada de combustible girando el piloto y después apague el compresor.

Mantenimiento a aplicarle.

Se le aplicará un Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) debido a que estas medidas son elaboradas previamente según un plan que asegura el trabajo constante del equipo. De esta manera se encontrará siempre en buen estado ya que es sometido a reparaciones periódicas que eliminan en gran parte los daños que pudieran existir estando el equipo en funcionamiento.

El mantenimiento deberá ser realizado por personal calificado ya que es de vital importancia para un correcto funcionamiento evitando así consumos excesivos de combustible y reduciendo la contaminación al ambiente.

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Las operaciones básicas de mantenimiento a realizar son las siguientes:

- Controlar que no se presenten obstrucciones o abolladuras en los tubos de alimentación de combustible.

- Realizar la limpieza de la malla que hace función de filtro y tiende a tupirse por algunas basuras del mismo combustible.

- Destupir la boquilla.

- Efectuar la limpieza del estabilizador de llama.

- Verificar que no estén tupidos los agujeros del anillo de inyección de aire.

- Sellar todas las uniones por rosca con pasta dental para que no existan salideros de gas.

Conclusiones:

Se determinó la metodología más adecuada para su diseño y se elaboraron los planos para la construcción del mismo. Se determinaron los materiales de cada uno de los componentes. Se observó un excelente funcionamiento del soplete trabajando y se realizó un experimento para determinar la presión de la mezcla aire combustible adecuado en los distintos combustibles que se proponen.

Bibliografía:

E. Brizuela, Departamento de ingeniería mecánica y naval. Vol. I y II Facultad de ingeniería, UBA2003.

Mott, R. *Diseño de elementos de máquinas. Vol. I a III.* La Habana, 2010.pp872.

Márquez Martínez, Manuel. *Combustión y Quemadores.* Marcombo S.A, 1989.

Rodríguez Grasso, Juan Manuel, *Dibujo para ingenieros mecánicos*. Editorial Universitaria, 2009.

Streeter, Víctor L, *Mecánica de los Fluidos*. *Primera parte.* Editora. Pueblo y Educación 2008.

Torres, A. Diseño y construcción de un soplete a presión para la producción de mástique asfaltico. Departamento de Ingeniería Mecánica. Matanzas, Universidad de Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico**:** 2016.

(c) 2015, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X