

COMBUSTION CICLONICA

Ing. Livio Dante PORTA

Buenos Aires - 1966

RESUMEN.

La combustión ciclónica combinada con parrillas.

Se desarrolla la teoría que permite manejar cuantitativamente los fenómenos que se dan en el hogar, condición para el diseño.

Si bien el desarrollo está cronológicamente originado por la necesidad de resolver problemas que se presentan en la locomotora de vapor, ahora ya no más alimentada con los clásicos combustibles de selección, los conceptos son extensibles a las calderas fijas que queman bagazo, aserrín u otros combustibles que no son lo suficientemente subdivididos como para que el tiempo de combustión de la partícula sea compatible con el tiempo de estadía de los gases en un hogar de alta intensidad de combustión, ni tampoco suficientemente grandes como para permanecer en una grilla. El sistema salva, pues, la gama de granulometría que queda entre el combustible pulverizado y los finos difíciles de quemar en parrilla sin un excesivo "carry over".

La teoría permite valuar con razonable exactitud el precio a pagar en forma de energía necesaria para producir la circulación ciclónica de los gases en una cámara de alta intensidad de combustión. También posibilita la realización de correlaciones del tipo experimental, de modo que las experiencias en modelos no sean un ciego tanteo sino un control de la teoría.

En un hogar de locomotora (1) se dispone una bóveda (2) con un agujero (3) colocado aproximadamente en el centro de la misma. Por debajo de la bóveda (2) y por encima del nivel de trabajo del lecho de brasas (4) se disponen entradas de aire secundario (5) en forma tal que sus ejes sean aproximadamente tangentes a un círculo imaginario (6).

Bajo la acción del tiro (inducido o forzado) el aire secundario penetra por las toberas (5) generando un movimiento rotatorio ciclónico que impide a los granos y partículas de combustible, que se desprenden del lecho de fuego por la violencia del tiro, ser arrastrados hacia los tubos (7).

La acción ciclónica de la corriente de aire secundario puede ser complementada por chorros de vapor provenientes de una o más toberas (8) y dispuestos en forma de acentuar el efecto de giro, o bien directamente generarlo si es que no se trabaja con aire secundario. Un chorro adicional de vapor (9) dirigido hacia el centro del agujero (3) impide el arrastre de partículas provenientes de la zona del lecho de combustible inmediatamente debajo del mencionado agujero. Este chorro también puede ser complementado por la acción de una tobera de aire secundario (10), protegida o no en su exterior con refractarios,

tubos de agua o cualquier otro medio refrigerante.

El sistema puede ser empleado también en el caso de utilizarse combustibles líquidos en cualquiera de sus formas, interesando particularmente su aplicación en el caso de mecheros o quemadores de imperfecta pulverización o en el caso intencionalmente previsto en el que las gotas o sus residuos carbonosos sean lo suficientemente grandes como para que su retención dentro del hogar sea posible gracias al campo centrifugo generado por la acción del aire secundario y/o del vapor proveniente de las toberas (8).

En el caso en que el hogar es de forma alargada, como ocurre generalmente cuando se lo dispone entre los largueros del bastidor de la locomotora, la disposición puede comportar dos o más agujeros (3a) y toberas (5a) dispuestos de modo que los giros ciclónicos de la corriente se complementen en su rotación por ser de sentido contrario y adyacentes (6a).

En una caldera de hogar acuotubular (11), la bóveda está soportada por tubos de agua (12) y comportar o no una porción reentrante (13), disposición que eventualmente puede también emplearse en las locomotoras si así conviniere.

Si la disposición del hogar, en el caso de adaptación a un diseño existente, es aproximadamente cuadrada, pueden incorporarse mamparos adicionales de refractario (14) o de tubos de agua (15) en forma de disminuir choques a la corriente ciclónica.

La combustión de las partículas en suspensión es la que dá el nombre al sistema objeto de la presente patente.

El sistema se considera de especial aplicación a combustibles cuya granulometría es fina, o cuyo índice de cokización es pobre, o que sufren procesos de degradación granulométrica bajo la acción del calor, tales como ciertos carbones minerales, lignitos, turba seca o húmeda, carbones no coquizantes, finos de carbón mineral, estériles carbonáceos de mina, leña, finos de carbón de leña, bagazo, etc.

Se menciona como de especial interés la eliminación de chispas que pueden provocar incendios, eliminación que se consigue por la simple acción de control de las corrientes de gases sin la adición de ningún dispositivo mecánico.

Se reivindica para el sistema de combustión ciclónica:

- a) Una mejora en el rendimiento de la combustión como consecuencia de la casi total eliminación de las pérdidas por coque volante.
- b) La eliminación de chispas.
- c) La posibilidad de utilizar combustibles de granulometría fina, o de índice de coquización pobre, o que sufren procesos de de-

gradación granulométrica bajo la acción del calor de las operaciones de transporte, etc.

d) La combustión de los humos fuliginosos.

Buenos Aires, junio 21 de 1963.

Teoría
de la
COMBUSTION CICLONICA
en
hogares de locomotoras

Por el Ing. Livio Dante Porta

de C.I.P.U.E.C.

Buenos Aires, Agosto de 1963.

Indice.

- 1.- Objeto del estudio.
- 2.- Desarrollo de la teoría.
- 3.- Ejemplo de aplicación.
- 4.- Análisis crítico.
- 5.- Extensión del campo de aplicación.

Figuras.

- Fig. 1: Hogar con bóveda estudiada para separación de coque volante.
- Fig. 2: Disposición imaginada en 1955.
- Fig. 3: Hogar ciclónico "cuadrado" de locomotora. Nomenclatura.
- Fig. 4: Esquematzación de los caudales de gases en el ciclón.
- Fig. 5: Velocidad radial y tangencial.
- Fig. 6: Eficiencia en la separación de granos de distintos tamaños.
- Fig. 7: Ejemplo de aplicación a locomotora de maniobras tipo 0-6-0 para quemar residuos finos de carbón de leña.
- Fig. 8: Granulometría del combustible (ejemplo).
- Fig. 9: Tiro necesario sin adición de vapor.
- Fig. 10: Id. con adición de vapor.
- Fig. 11: Efecto de la adición de vapor sobre el valor del diámetro crítico x .
- Fig. 12: Ejemplo de caldera fija para quemar cascarilla de girasol.

NOMENCLATURA

F_0	m^2	Sección de entrada de aire secundario cuya energía se utiliza para producir la corriente ciclónica.
G_A	kg/s	Cantidad de aire secundario que pasa por F_0 .
C_A	m/s	Velocidad del aire secundario.
γ_L	kg/m ³	Peso específico del aire secundario.
G_R	kg/s	Cantidad de gas que emerge de la parrilla.
γ_L	kg/m ³	Peso específico del gas de combustión a la temperatura de combustión.
M	m ³ /s	Volúmen de gases desarrollado por la combustión = $\frac{G_R + G_A}{\gamma_L}$
u_m	m/s	Velocidad media de los gases en el ciclón a través de una sección F_e [m ²] (fig. 3).
r_l	m	Radio exterior de la cámara ciclónica equivalente al hogar cuadrado (fig. 3).
r_a	"	Radio del agujero de la bóveda.
r_i	"	Radio del lugar en el que se desarrolla la máxima velocidad en el agujero de la bóveda.
r_2	"	$r_2 \approx r_s + \frac{1}{4} r_b$
K	-	Coefficiente que exprese, como fracción de la presión dinámica de los gases animados de velocidad u_m , las pérdidas por rozamiento en el ciclón.
F_a	m ²	πr_a^2 , Sección del agujero de la bóveda.
l	m	Recorrido de la vena media de gas en el anillo.
t_s	s	Tiempo medio de estadía del gas en el anillo; $t_s = V_a/M$
h	m	Altura de la cámara ciclónica (fig. 3).
x	"	Diámetro límite inferior del grano arrastrado fuera del ciclón.
γ_s	kg/m ³	Peso específico del grano de coke.

w_r	m/s	Velocidad radial media.
G_d	kg/s	Vapor añadido para producir turbulencia que aumente la velocidad del remolino.
C_d	m/s	Velocidad del vapor G_d .
ΔP_e	kg/m ²	Pérdida de presión estática hasta la garganta del ciclón.
ΔP_b	"	Caída de presión a través de las toberas de aire secundario.

1.- Objeto de la teoría.

Es conocida la limitación de las calderas de locomotora en cuanto a la máxima producción de vapor posible: el límite de parrilla "grate limit" fija un tope fundamentalmente determinado por la imposibilidad de la parrilla de mantener, a los máximos regímenes todavía compatibles con una eficiente transmisión de calor en el hogar y en el haz tubular, un lecho de brasas no exageradamente perturbado por la intensidad de un tiro que crece con el cuadrado de la vaporización.

Este límite, que depende de muchos factores, entre los cuales la "calidad" (propiedades coquizantes) del combustible y su granulometría son preponderantes, no solamente tiene importancia práctica en orden a un máximo de vaporización de un tipo de caldera cuya potencia en relación a su masa interesa elevar en todo lo posible, por tratarse de una unidad en cuyos costos de operación se deben incluir los de su propio transporte, sino también por el hecho de que, aún en el rango usual y relativamente moderado utilizado en el servicio corriente, se dan pérdidas importantes por coque volante que incrementan los consumos de combustible en el servicio en 10% a 15%; obligan a un mayor trabajo del foguista, exigen un tender más grande, etc.

La general tendencia mundial a utilizar para la generación de vapor combustibles de características cada vez más inferiores o degradados por la acción de la mecanización de mina, reservando los más seleccionados para aquellos usos en que no es posible otra alternativa (altos hornos, usos domésticos, fabricación de coque, etc), situación a la que las locomotoras no son ajenas con particular referencia al empleo del carbón de Río Turbio, hace que el problema del coque volante se presente con agudeza cada vez mayor. De resolverse este problema, cabría, por otra parte, agregar la posibilidad de utilizar combustibles de fina granulometría, la integral y racional solución del problema de las chispas.

Las posibilidades de efectuar una separación de sólidos arras-

