

problemas que plantea un horno Lepol sencillo para convertirlo en doble

JOSE MIGUEL REZOLA GARCIA
Ingeniero Industrial

La parrilla Lepol sencilla, consiste en una cadena formada por elementos metálicos ranurados para permitir el paso de gases. Envolviéndola existe una carcasa de chapa, forrada de material refractario, y en su parte inferior una tolva para recogida de gránulos y polvo perdidos en el proceso.

La cadena se acciona mediante un motor de velocidad variable, en nuestro caso concreto de corriente continua, que ataca un reductor acoplado al eje de accionamiento. Este lleva unas ruedas dentadas que engranan en la cadena.

Completan la instalación una artesa y la tolva de gránulos.

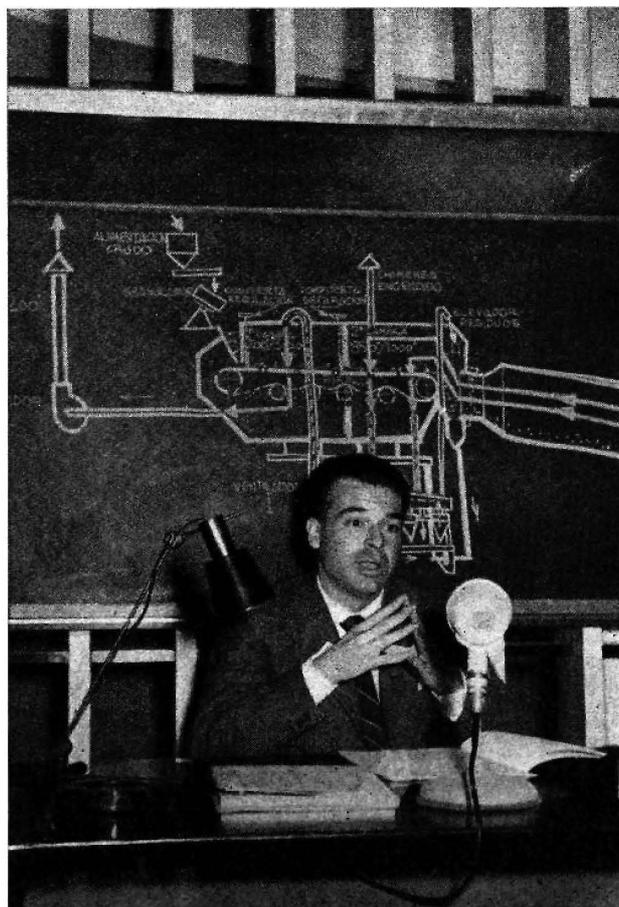
Un tabique colgado del techo divide la parte superior de la parrilla en dos cámaras: la primera, siguiendo el curso del material, llamada cámara preparatoria o de secado, y la segunda, denominada cámara caliente o de calcinación.

El polvo crudo llega a la artesa alimentado por un vis dosificador. Por la acción conjunta de un regado de agua y la rotación del plato se forman los gránulos, que caen a la tolva de alimentación. De ésta pasan a la parrilla, distribuyéndose uniformemente a todo lo ancho de la misma. La altura de la capa de gránulos se gradúa mediante una compuerta de altura regulable.

El material atraviesa la cámara de secado, a continuación pasan por la cámara de calcinación y luego al horno, donde acaba su proceso.

Los gases que proceden del horno, a una temperatura de 900-1.000° C, se dividen en dos corrientes: Una que, mezclada con aire frío, hasta conseguir una temperatura de 200-300° C, atraviesa la capa de gránulos en la cámara de preparación, efectuando el secado de los mismos; y otra, que atraviesa directamente la capa de la cámara caliente produciendo una decarbonatación parcial. En la parte inferior se mezclan ambas corrientes y abandonan la parrilla aspiradas por un ventilador que lo expulsa al exterior a una temperatura que oscila de 120 a 200° C.

En el caso de doble paso de gases, el tabique de separación se prolonga por debajo de la cadena, dividiendo la parrilla en dos cámaras, tanto en la parte superior como la inferior de la misma.



En este caso, todos los gases que provienen del horno atraviesan la capa de la cámara caliente. Aspirados por un ventilador intermedio, tras haber perdido gran parte del polvo arrastrado en unos ciclones colocados del lado de aspiración del ventilador, son impulsados a la cámara preparatoria, donde, aspirados por un segundo ventilador, atraviesan la capa de dicha cámara y son expulsados al exterior oscilando su temperatura entre 90-130° C.

El objeto de los ciclones es evitar que el polvo arrastrado, llenando los huecos entre gránulos, ciegue el paso de gases.

Se ve inmediatamente que este sistema entraña una disminución en la cantidad y temperatura de los gases expulsados al evitar el paso directo al ventilador de gases procedentes de la cámara caliente, así como la adición de aire frío. Con ello tenemos la subsiguiente disminución del consumo calorífico al disminuir las pérdidas en los gases de escape. Esta disminución se puede cifrar, aproximadamente, en 100 kcal/kg de clínker.

Al ser menor la cantidad de combustible, disminuye la cantidad de aire comburente, aumentando la temperatura del aire secundario, lo que aumenta la temperatura de la llama, mejorando el intercambio por radiación. Además, disminuye el volumen de gases, con lo cual bajan las pérdidas por radiación y convección.

Estas son las ventajas en cuanto se refiere a consumo calorífico. Por lo que respecta al arrastre de polvo, éste disminuye considerablemente al hacer pasar todos los gases por el lecho de gránulos húmedos, que, comportándose a modo de filtro, retiene gran parte del mismo. La cantidad de polvo arrastrado es, aproximadamente, un 1 % de la producción.

Una última ventaja del nuevo sistema es que al disminuir la cantidad de gases, disminuye la energía consumida por los ventiladores.

Abordemos ahora el caso concreto de Añorga. Nuestro problema principal era el arrastre de polvo, ya que nuestra situación, próxima a San Sebastián, nos ocasionaba numerosas molestias.

El horno del que tratamos data del año 1930, y es uno de los primeros construidos según el sistema Lepol. Consiste en un tubo de 3 m \varnothing por 30 m de longitud, y una parrilla de 3 m \times 10 m. Lleva, además, un enfriador Fuller tipo 629. Aparte del gran arrastre de polvo, los defectos principales de la parrilla eran su gran consumo de energía eléctrica y la enorme cantidad de aire falso que se introducía por las juntas de la misma.

Por todo ello, la solución, técnicamente ideal, era construir una parrilla nueva. A esto se oponía el mayor costo de la instalación, y especialmente (tengamos en cuenta que estábamos en una época en la que cuanto se producía se vendía) una mayor parada del horno. Estudiados los diversos puntos, se decidió hacer lo justamente imprescindible, aprovechando al máximo lo existente.

La modificación exigía prolongar la parrilla dos metros y, por lo tanto, desplazar la artesa y su depósito de alimentación.

Comenzamos por colocar una banda para poder alimentar la parrilla desde la artesa del otro horno. Hecho esto, se procedió al derribo del piso de la artesa. Construimos el nuevo y se colocó en su posición definitiva ésta y su depósito. A continuación paramos el horno y se hizo todo el resto de la transformación, durando la parada doce días.

La puesta en marcha tuvo lugar sin dificultades. Al principio los horneros se mostraban un tanto recelosos al tener que manejar más mandos. Su temor principal era el ventilador intermedio, ya que había que vigilar su temperatura para evitar un agarrotamiento. Pasados los primeros días, vieron que sus temores eran infundados y que el manejo del horno era tan sencillo como podía serlo anteriormente.

Todo fué perfecto hasta que llegamos a las 300 t/día. Las temperaturas de trabajo se mantenían, así como las depresiones. Pero al llegar a esta producción, éstas subían de una manera anormal. El motivo era que el gránulo, insuficientemente preparado, estallaba al pasar de una cámara a otra, cegando el paso de gases. El horno marchaba ahogado, y la atmósfera reductora, unida a la gran cantidad de polvo que entraba en el mismo, nos ocasionaba continuos anillos.

Para solucionarlo, aumentamos la temperatura en la cámara de preparación elevando el tabique de separación. Efectivamente, los gránulos ya no estallaban al pasar de una cámara a otra; pero... estallaban a la entrada de la parrilla, y todo seguía igual.

Buscamos, entonces, la solución en aumentar la permeabilidad de los gránulos. Para ello se disminuyó su altura en la tolva de carga y aumentamos la inclinación de la artesa.

Se logró una gran mejoría. Pero aún seguían estallando, si bien no con la intensidad de antes.

Como última solución se colocó un segundo tabique en la cámara de secado, con objeto de conseguir, en la primera parte de la misma, una temperatura inferior a los 200° C que habíamos observado ser la crítica.

Con esta modificación se acabó de normalizar el horno. Cesaron los estallidos y se pudo aumentar la producción hasta 350 t, que es la que lleva hoy día.

Ya que hemos hablado de anillos, quisiera comentarles algo sobre ello.

En un viaje que hice por Alemania, con miras al doble paso, observé que en la mayoría de las fábricas visitadas los tenían con bastante frecuencia. Esto nos hacía temer que el doble paso fuera muy propenso a su formación.

Los primeros inconvenientes con que se tropezó parecían confirmar este temor. Afortunadamente, se ha comprobado lo infundado de nuestras suposiciones. No es que hayan desaparecido, aún se siguen formando; pero no más que antes de la transformación.

Se forman a unos 12 m de la boca de salida. En el punto donde tiene lugar el depósito de cenizas.

Ha disminuído mucho la frecuencia de su iniciación variando en cada molienda la finura del carbón, ya que de este modo desplazamos el depósito de cenizas. Cuando, así y todo, tenemos principio de anillo lo combatimos, y generalmente con éxito, variando la posición del tubo de insuflación. Cuando esta medida no basta, se recurre a marchar unas horas con carbón más bajo en cenizas y adicionado de caliza.

Podemos decir que prácticamente han desaparecido los anillos que obligan a parar el horno.

Otro tipo de acumulación que tenemos, es en el paso de la parrilla al horno. Cuando empleábamos solamente carbón no lo conocíamos. Empezó con el fuel, y es debido al azufre del mismo, que reaccionando con los álcalis forma una costra en aquellos puntos donde la temperatura es inferior a los 800° C. En el horno modificado ha disminuído la formación, pero es simplemente debido a que en él empleamos menos fuel.

De todas formas, no son muy molestos, pues basta limpiar semanalmente el conducto, cosa muy fácil de hacer en marcha con unas barras, para que nos olvidemos de su existencia.

Por lo que se refiere a la marcha actual del horno, se alimenta con crudo de un 35 % de P. F. y un 12 % de H₂O de granulado.

El combustible empleado es una mezcla de carbón bajo en volátiles y fuel-oil. El consumo de carbón es de un 11 % de la producción de clínker, y el del fuel-oil de un 2,16 %, lo que da un consumo específico de 890 kcal. De éstas, 685 provienen del carbón y las 205 restantes del fuel-oil.

La temperatura de clínkerización es ~ 1.450° C. En la parrilla tenemos 980° C en la cámara caliente, 280° C en la de preparación y 260° C en el ventilador intermedio, siendo de 108° C la de los gases de salida.

Las depresiones son:

En la cámara de preparación:

sobre la capa	= - 31 mm	} Resistencia de paso 42 mm C. A.
debajo de la capa	= - 73 mm	

En la cámara caliente:

sobre la capa	= - 5 mm	} Resistencia de paso 69 mm C. A.
debajo de la capa	= - 74 mm	

Observarán que existe una pequeña diferencia de depresión entre ambas cámaras en su parte inferior. Esta diferencia tiene un doble objeto: evitar que pase polvo directamente de la cámara caliente al ventilador de salida y mejorar el rendimiento térmico al evitar ser expulsados al exterior gases a 250° C. No conviene exagerar, porque sobrecargaríamos inútilmente el ventilador intermedio.

El material, al abandonar la parrilla, tiene un 27 % de P. F., lo que supone una decarbonatación del 23 %, siendo su temperatura media 680° C.

El material recirculado, es decir, las pérdidas de la parrilla que se introducen directamente en el horno, asciende a 1.200 kg/hora. O sea: un 8 % de la producción, siendo su temperatura media 315° C.

El contenido en O₂ de los gases de combustión es del 2,2 %, equivalente a un 11 % de exceso de aire, lo que supone 1,1 m³ N de aire/kg de clínker. De éstos, el 15 % como aire primario y el resto como aire secundario a 800° C.

En la chimenea tenemos 2,6 m³ N/kg de clínker, de los que 0,95 son aire falso introducido entre el horno y la parrilla y debajo de la misma. Es una cantidad excesiva. El contenido en O₂ pasa de 2,2 a 6 % en el ventilador intermedio, y a 9 % en la chimenea.

Una mejora parcial, que realizaremos en la primera oportunidad, es cambiar el anillo de cierre en la embocadura del horno con la parrilla. La total exigiría la sustitución de la parrilla por una de tipo moderno, que por características constructivas, en cuyo detalle no vamos a entrar, presenta una hermeticidad muchísimo mayor.

Cantidad de gases/kg de clínker	HR 1		S. P.	
	Secos	Húmedos	Secos	Húmedos
H ₂ O	—	0,26	—	—
Gases de combustión	1,29	1,38	—	—
Aire falso	0,96	0,96	—	—
Total	2,25	2,60	4,30	4,68

Como balance térmico simplificado podemos presentar el siguiente:

kcal/kg de clínker	HR 1	S. P.	±
Pérdida en chimenea	221	360	139
Radiación y convección	162	180	18
Formación de clínker	430	430	—
Recirculación	6	10	4
Pérdida en el enfriador	71	78	5
Indeterminado	—	44	44
Total	890	1.100	210

ENTRADAS		BALANCE ENFRIADOR	SALIDAS	
Clinker	348	Aire secund.	Recup.	Pérd.
		P. chimenea	248	79
		P. radiación		10
		P. clínker		11
Total	348		248	100

Clínker = 1.340° C (0,252).—Aire secundario (0,94 m³ N); 800° C (0,328).—Aire en chimenea (1,1 m³ N); 230° C (0,313).

El consumo específico de energía eléctrica es:

kWh/toneladas de clínker	HR 1	S. P.	±
Total	14	15	1

Como mejoras posibles, veo las siguientes:

1.º La ya indicada de disminución del aire falso. Sin pecar de optimistas, podemos suponer un contenido de O₂ en los gases de escape del 7 %, que vendría a ser una ganancia de ~ 10 kcal.

2.º Emplear como aire primario el de escape de la chimenea del enfriador. Su temperatura sería ~ 120° C, con lo que el aire primario sería el 11 %. La ganancia sería ~ 14 kcal; 4 en el calor aportado por el aire primario, y 10 por el aumento de la cantidad de aire secundario.

3.º Emplear los gases de escape del enfriador para secado del carbón que supondría ~ 14 kcal, y con lo que el consumo específico quedaría en 837.

4.º Aumentar la temperatura de trabajo del enfriador. Con lo que, si bien, aumentarían las pérdidas con el clínker y radiación, disminuirían en la chimenea. Podemos calcular unas 15 kcal.

Para terminar: El arrastre de polvo ha disminuido notablemente. Actualmente tenemos con electrofiltro 0,206 g/m³ de gas seco, lo que equivale a 0,178 g/m³ de gas en la chimenea.

Sin electrofiltro: 3,70 g/m³ de gas seco, algo menos del 1 % de la producción.

Antes de la transformación los contenidos eran:

1,425 g/m³ con electrofiltro.

10,65 g/m³ sin electrofiltro.

Datos, como ven, que no necesitan comentario.

Abierta la discusión, intervinieron los señores Torrén, De Santiago, Calleja y Arteaga, comentando tres problemas básicos: recuperación de polvo en los ciclones, depósito de sulfatos en la parrilla y marcha de los álcalis en los materiales en cocción.