

- 31 -

COMPORTAMIENTO DE UN HORNO VERTICAL PARA COCER CAL

V. J. Azbe

De "ROCK PRODUCTS" 121, abril 1949

El autor se plantea los siguientes interrogantes:

¿Por que dos hornos caleros exactamente iguales dan resultados muy diferentes?

¿Por que, de dos hornos del mismo tamaño se obtiene, en uno una producción de 80 Tm. mientras que en el otro es difícil llegar a 40?

¿Cuál es la causa de que, para la misma producción por metro cuadrado, de superficie de horno se necesite, en algunos casos, un tiro de aire doble que en otros?

Aparte de estos problemas, que podríamos llamar de capacidad de producción existen otros que tampoco están claros. Así, mientras una instalación funciona perfectamente durante largo tiempo, otra, de construcción idéntica, necesita constantes reparaciones, renovación de ventiladores o sopladores de viento, sustitución frecuente de los refractarios, etc. - En unas fábricas, se obtienen, con un régimen normal, buenas cales mientras que en otras el producto se quema o calcina a muerte. Lo mismo puede decirse en cuanto al gasto de combustible.

Con frecuencia se echa la culpa de las deficiencias, al horno e instalaciones anejas, cuando, en la práctica, es el tamaño no adecuado de la piedra o una carga mal hecha, lo que origina dificultades.

Para hacer un estudio comparativo, podemos suponer dos fábricas de cal A y B, idénticas, de las cuales la B es la que da mejores resultados. La A también obtiene buenas cales pero a costa de muchas dificultades en su funcionamiento y enfrentándose con una diversidad de problemas. La piedra para las dos fábricas sale de la misma cantera. En la instalación A, colocada a bocamina, la piedra va a los silos construidos al nivel del suelo y de ellos, mediante vagonetas, a los alimtadores del horno. La fábrica B dista de la mina unos 350 km; las calizas se transportan desde la mina y, antes de ser introducidas en el horno, se criban. Los hornos de A y B son de tipo bajo, es decir, carecen de la zona superior de almacenaje de la piedra. La caída del mineral en el horno no provoca en ninguno de los dos casos, la ruptura de los trozos de caliza. Los crudos son iguales para los dos hornos, excepto que en la fábrica A la piedra que se carga en el calcinador lleva una pequeña porción de finos resultantes de los choques del material cuando se vierte en los silos. Cuando estos están casi vacíos, la altura de caída de las calizas en los mismos puede provocar la formación de finos en una proporción nunca su-

perior al 5 %. Pero ... ¡qué enorme influencia ejerce este contenido insignificante sobre la marcha del horno!

La instalación B, para una capacidad de producción de una Tm. de cal por $0,1 \text{ m}^2$ de área superficial de horno, necesita un tiro de menos de 50 mm. mientras que la A. para la misma producción, requiere 125 mm. Si el tiro de B se aumentase hasta el de A, la capacidad de producción de horno se incrementaría en un 50 %.

En cuanto a la combustión, por el hecho de existir en la carga de B más huecos, hay una distribución mejor de las llamas y una combustión más completa del gas. Si se ajusta convenientemente la proporción aire:gas, puede lograrse que el horno trabaje sin exceso de aire o con el mínimo posible. Por lo tanto no se desperdician calorías en calentar el aire inútilmente. La combustión más completa lleva consigo la eliminación de la tendencia a que se queme la piedra; tampoco se producen llamas secundarias que pueden perjudicar las aspas de los aspiradores. Es sabido que en muchas fábricas se originan dificultades a consecuencia de los fuegos en los ventiladores, debidos, sin duda, a la formación de canales de resistencia mínima en la carga del horno. Estos se forman a consecuencia de los finos.

La uniformidad en la combustión tiene un efecto muy

favorable para mantener la cocción en su punto debido; no se forman zonas sobrecalentadas, el material no se quema ni escorifica y tampoco ataca al recubrimiento del horno; las reparaciones son infrecuentes. Las temperaturas del material situado en un mismo plano horizontal son sensiblemente iguales (las isotermas son casi horizontales), los trozos de piedra cocida tienen un núcleo muy pequeño; poca tendencia a la retracción puesto que mantienen los huecos originales; no se rompen ni desgmenuzan fácilmente durante el transporte o manipulación. Contienen pocos finos.

La buena marcha de la combustión tiene muchas ventajas. En primer lugar, la regulación y control del horno es muy fácil (basta un solo operario), el tiro se mantiene bien, y la temperatura de cocción es más baja. Todo ello influye para evitar pérdidas por radiación lo que repercute en la economía de combustible.

Parece increíble que una pequeña proporción de finos contenida en el material crudo pueda tener una importancia tan considerable en la marcha de la cocción. Pero ello es inevitablemente así y se confirma una vez mas la importancia de la granulometría de los materiales; la influencia de los trozos mas pequeños sobre la compacidad del conjunto, sobre la formación de canales de poca resistencia al aire y sobre la distribución homogénea del material. Podríamos comparar estos resul-

tados con los que se logran^{al}/alterar la granulometría de los hormigones.

Las características de la cal producida también resultan grandemente influenciadas por la marcha de la cocción. Ya se sabe que la caliza pierde casi la mitad de su peso cuando se calcina. Si se mantuviese el mismo volumen de huecos en la cal viva que en la piedra cruda, la densidad de aquella debía de ser la mitad de la de ésta. Pero esto no ocurre nunca, lo que indica que existe una contracción variable y que viene afectada por la temperatura de cocción, tiempo de permanencia en la zona de calcinación del horno y, por supuesto, por la calidad de la primera materia. Es muy corriente que la cal viva tenga el mismo peso específico que la piedra original. Partiendo de una caliza de 2.563 kg/m^3 , lo lógico sería que la cal viva obtenida pesase 1.505 kg/m^3 , lo cual es el límite inferior. El peso de un m^3 de CaO cristalizado es de 3.380 kg . por lo cual 1.505 y 3.380 serán los límites inferior y superior entre los que puede oscilar el peso de la cal. Desde luego estos límites no se alcanzan nunca, siendo lo corriente que la cal pese 3.011 kg/m^3 , es decir, que su volumen específico sea aproximadamente la mitad del de la caliza. Para ello es preciso que haya una contracción de cerca del 50 %, lo cual viene a complicar considerablemente el proceso de la cocción. En efecto, la compactación aumenta dentro del horno durante la calcinación, las -

oquedades disminuyen, el tiro baja y la temperatura desciende. Si a esta compactación natural agregamos el efecto de los finos que rellenan huecos, ya se comprende fácilmente que la marcha del horno durante un proceso de cocción distará mucho de ser uniforme.

En una detallada e instructiva gráfica del original se indica la magnitud de tiro requerido para hacer circular los gases a través de un horno cargado, en función de la compacidad del material. También se indica el efecto de la tendencia de algunas calizas a la sinterización, sobre la potencia de tiro requerida, si bien no es fácil influir sobre la calidad misma del material. En el original se hace una breve discusión del funcionamiento de 18 tipos de hornos caleros, muy comunes en América, alimentados con crudos diferentes y en marchas de régimen distintas. Algunos trabajan con calizas dolomíticas.

Ya hemos mencionado la importancia de una correcta granulometría de la piedra para que la cocción transcurra normalmente. La instalación B, que hemos tomado como modelo, tiene un triturador de mandíbulas cuya abertura de descarga es de 146 mm. El material cae sobre una criba de 76 mm. de malla y luego pasa sobre un tamiz de 38 mm. de abertura para eliminar los finos. No deben llevarse nunca al horno trozos inferiores a 31,7 mm. El tamaño medio debe ser el de 75 - 80 mm. aunque puede introducirse trozos de más de 100 mm. No obstante, el

tiempo de cocción depende de la proporción de piedras de 100 mm; esta influencia puede hacerse notar hasta un 25 % de la duración del proceso. La forma de los trozos que salen de la machacadora es ligeramente oblonga, por lo que es conveniente hacer resaltar las dimensiones óptimas para la cocción. La mayor parte de los trozos deben ser de 75 x 150 mm., siendo esta última la dimensión máxima permisible. Esta forma rectangular de las piedras contribuye a aumentar el volumen total de huecos, cosa que no ocurriría si los trozos fuesen más o menos cúbico-esféricos.

La marcha de los gases a través de la carga viene influenciada por el tamaño de los huecos, la distribución de los mismos y su porcentaje con respecto al volumen total, y por la formación de soluciones de continuidad o canales. Todo esto, a su vez, depende de la forma general de las piedras, del porcentaje de cada tipo de tamaño diferente y de la homogeneidad granulométrica. El porcentaje de huecos debe oscilar entre 42 y 47 % y no ser nunca inferior al 40; viene grandemente influenciado por la presencia de cantidades muy pequeñas de finos. Cuando el porcentaje de huecos de una carga se reduce a la mitad, la resistencia al paso de los gases y llamas aumenta cuatro veces. Desde el punto de vista de la distribución uniforme del calor, es evidente que la forma óptima para los trozos sería la esférica o pseudo-esférica. Sin embargo, esto repercute como antes hemos dicho sobre el porcentaje de huecos necesitándose mayor potencia en los aspiradores.

En la tabla siguiente puede verse una clasificación de las piedras por tamaños:

	Tamaño (mm.)	Penetración (mm.)	Superficie total (cm ²)	Peso (kg.)	S/P
Trozos grandes inadmisibles	127x254	64	967	10	96,7
Trozos grandes indeseables	114x228	57	800	8,1	98,6
Grandes	101x203	50,7	619	5	122
Medios	76x165	38	348	2,1	183
Pequeños	38x76	31,7	84	0,3	280
Pequeños indeseables . .	19x38	9,4	21	0,045	466
Pequeños inadmisibles . .	19				

La penetración se refiere al espesor de capa calcinada en cada caso y S/P da la relación de la superficie total (en cm.) al peso de cada partícula (en kg.).

La penetración de calcinación es mayor en el caso de los tamaños mayores de partícula, pero esto se verifica a costa de una mayor duración en la cocción. La forma de las oquedades que quedan en la carga influye sobre la resistencia opuesta al paso de los gases calientes. Con relación a esto, no hay que olvidar que tal resistencia es necesaria para que el contacto de las llamas o gases con los trozos de caliza dure lo suficiente para provocar su calcinación. Hay que tener en cuenta la variación de los huecos durante cada carga del horno. El material -

de entrada comprime al de las partes inferiores y, si se quieren evitar grandes variaciones en la resistencia al viento, es obvio que la uniformidad granulométrica del crudo debe ser buena. Si hay muchos finos, estos tienden a aglomerarse en el eje del horno; los gases se van por la trayectoria de mínima resistencia y la cal viva obtenida estará desigualmente cocida.

El éxito de una cocción depende, pues, de mantener el tamaño conveniente en la piedra que se va a calcinar y de regularizar los fuegos con el mayor cuidado. Solo así podrán lograrse buenos rendimientos térmicos en esta importante industria.
