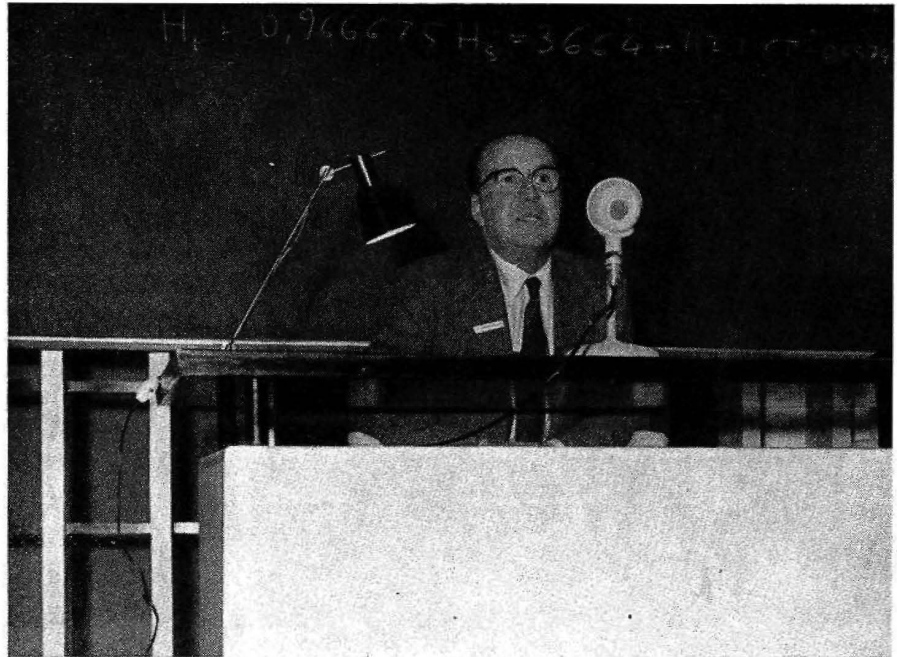


618 - 48

maquinaria y recambios

JOSE FONRODONA MASUET
Ingeniero Industrial



Señores: Trataremos de lo que consideremos más destacado de la maquinaria actual de cemento y de casos concretos, de los cuales, por los motivos que sean, tengamos más conocimientos que los que se adquieren en los libros, revistas y catálogos de fabricantes de maquinaria.

De un modo general, puede decirse que la maquinaria para cemento está experimentando una evolución de gran trascendencia, aunque los principios fundamentales de las máquinas básicas no han variado.

Es tanta la precisión que se pretende conseguir en todas las operaciones de fabricación para obtener buenos rendimientos, junto con una calidad prefijada constante del cemento producido, que las fábricas modernas se parecen poco a las antiguas.

La tendencia es ir a máquinas grandes. No cabe duda que las máquinas grandes son más económicas y se prestan más fácilmente a automatizar que una serie de máquinas pequeñas equivalentes.

Con ocasión de una reciente visita que hemos hecho el director de Goliat Torrents, el ingeniero Herberg y yo, a la fábrica de Blaubeuren de la "Heidelberger Zement", y a la cual me referiré también más adelante, nos decían, por ejemplo, los consejeros doctores Ruppert y Spohn, que, en lo sucesivo, se iban a estandarizar en hornos de 1.000 t/día, y que molinos de crudo menores de 60 t/hora no les interesaban. La "Heidelberger" ha producido en el año 1959, entre sus distintas fábricas, unos 4 millones de toneladas de cemento.

En cuanto al automatismo, es impresionante lo que se está consiguiendo ya. En la citada visita a Blaubeuren hemos visto un Lepol de doble paso de gases y con enfriador Fuller, de 600 t/día, con funcionamiento completamente automático, y que, por cierto, llevaba 22 meses sin parar. Visitamos, también, en dicha fábrica, la sección de molinos de crudo, compuesta de un molino de 60 t/hora y tres de 20 t/hora, cada uno, completamente automatizados. Estuvimos mucho rato en esta sección y pasamos después por ella repetidas veces y nunca vimos ni a un obrero.

En fin, ustedes habrán leído, en las revistas americanas "Rock Products" y "Pit and Quarry", descripciones de maravillosas fábricas modernas americanas con un grado enorme de automatización.

Hay que decir que el automatismo requiere aparatos y máquinas muy buenos, personal muy experto y un gran esfuerzo de conservación. Refiriéndome nuevamente a la fábrica de Blaubeuren, les diré que, a pesar de ser muy conscientes del consumo de horas de trabajo, tienen una sección, compuesta por un técnico y cinco obreros especialistas, dedicada exclusivamente a la conservación de los distintos aparatos de control y mando.

En España llevamos, desgraciadamente, mucho tiempo en que ha sido muy difícil adquirir la maquinaria necesaria y lo mismo los aparatos de control y automatismo. Esperemos que, en adelante, mejore esta situación, ya que, realmente, me parece que, de un modo general, tenemos mucho que hacer para incorporarnos al nivel actual de las naciones adelantadas.

En términos generales, las innovaciones que más me llaman la atención, desarrolladas en los últimos años, y por el orden de fabricación, son:

Las perforadoras de percusión, para agujeros profundos, a base de bajar el martillo percutor con el agujero. Las perforadoras de llama.

Los aparatos que cargan, transportan y descargan la piedra desde el frente de cantera a la trituradora primaria, sustituyendo al conjunto de pala y camiones o dumpers.

Los sistemas de homogeneización, análisis y control, de piedra triturada, tipo Hewitt-Robins (aplicados en las fábricas de la "Riverside Cement Comp.", de Oro Grande, California).

Los sistemas de homogeneización de crudo.

La perfección de los aparatos indicadores, registradores y de control automático de los nuevos grandes molinos y hornos.

Los filtros de mangas, resistentes a altas temperaturas, para los gases de escape de los hornos.

El proceso de crudo negro y granulación con cáscara para los hornos verticales.

Los sistemas de homogeneización de clínker tipo Hewitt-Robins, igual que para la piedra triturada.

Los analizadores electrónicos de carbonatos y de otros componentes.

En fin, todos los aparatos de televisión interior, indicadores, computadores, etc., etc., que están en plena "explosión de desarrollo" y que nos acercan a un automatismo integral de la fabricación.

Les referiré, por haberlo visto recientemente, el *proceso de crudo negro y granulación con cáscara para hornos verticales*, pero antes voy brevemente a tratar de *Recambios*, en el sentido de conservación de la maquinaria.

Es evidente que de la continuidad y buena marcha de la maquinaria depende, en alto grado, la economía y calidad de la producción y, por lo tanto, hay que prestar especialísima atención a la conservación de la misma.

Es aconsejable un programa de conservación bien definido.

En Málaga tenemos un programa, que funciona aceptablemente bien, a base de lo que llamamos el libro de conservación y fichas de las máquinas. En las fichas, que se refieren a máquinas completas o a partes de las mismas, según la importancia o complicación de las citadas máquinas, anotamos todas las revisiones, reparaciones, cambios, sustituciones, con sus fechas, toneladas producidas, mano de obra invertida, anomalías observadas, etc., etc.

De las dichas fichas sacamos el promedio de cuándo se han de realizar las revisiones, reparaciones y cambios de piezas, y todos estos datos los llevamos al libro de conservación. Cuando no tenemos bastantes datos experimentales, partimos de las recomendaciones de los fabricantes de las máquinas y de lo que nos parece necesario. Así, pues, las descripciones del libro de conservación van variando de acuerdo con lo que la realidad nos va enseñando. En dicho libro, aparte de una descripción detallada de la maquinaria, están especificados: las referencias de los planos y modelos correspondientes, períodos de revisión, reparaciones y cambios, otras máquinas afectadas por el paro necesario para las operaciones citadas, útiles y herramientas, tiempo y mano de obra precisos.

Cada mes, a la vista del libro de conservación y de las fichas, hacemos el programa diario de conservación utilizando del mejor modo el personal disponible.

Basados en este programa de conservación, fijamos el programa de fabricación.

Es extraordinario cómo, al cabo de un tiempo de llevar un programa de éstos, la realidad se acerca a lo previsto, y ello, naturalmente, facilita mucho la explotación de la fábrica.

En nuestro caso, debido a la irregularidad en la calidad de los recambios de que disponemos, forzamos bastante las revisiones, que, muchas veces, no implican ninguna sustitución ni reparación de maquinaria.

En fin, ya se comprende que cada fábrica tiene que adaptar este método u otro parecido a sus especiales características y calidad de recambios disponibles.

En el almacén, para cada pieza, tenemos fijado un máximo y mínimo de existencias, límites que revisamos periódicamente, así como comprobamos sistemáticamente, en forma rotativa que se completa anualmente, que las existencias reales coincidan con las anotadas.

Y para terminar, y dar paso a los señores que quieran intervenir, voy a referirme al proceso de *crudo negro para hornos verticales*.

Este proceso consiste en moler el crudo con todo el carbón necesario, formando un conjunto homogéneo. Con este crudo granulado se alimenta el horno en la forma corriente.

La combustión del carbón es bastante diferente de como ocurre en el proceso corriente, puesto que, en el caso del crudo negro, prácticamente su totalidad reacciona con el CO₂ desprendido por la disociación de los carbonatos y se transforma en CO que quema fuera de las gránulas.

Haciendo un sencillo cálculo se ve que el volumen de gases que se desprenden de, por ejemplo, una gránula es enorme comparado con sus huecos y, por lo tanto, no hay posibilidad de que entren gases comburentes en la misma mientras dure el desprendimiento de CO₂.

Por otra parte, a la temperatura de disociación de los carbonatos la reactividad del CO₂ en relación con el carbón es muy grande y, especialmente, si está finamente molido se verifica en gran escala la reacción $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$.

Cogiendo gránulos en distintos niveles del horno se ha podido comprobar que, como consecuencia de la combustión fuera de la mismas, empieza la clinkerización por una capita exterior que va progresando hacia el centro. Con este proceso de clinkerización, de fuera hacia dentro, la contracción es muy pequeña y los gránulos clinkerizados quedan muy porosos y se enfrían bien en la parte inferior del horno.

Ahora bien, se forma un clinker tan poroso y suelto, que no se puede mantener el descenso del mismo dentro del horno en forma regular con las parrillas convencionales. Ya se sabe que la condición básica para el funcionamiento de un horno vertical es poder mantener bien los fuegos con un descenso regular del clinker (sin formar caños).

Así, pues, para desarrollar el proceso del crudo negro ha sido necesario un nuevo tipo de parrilla como el ideado por el Dr. Spohn.

Los gases que van de abajo a arriba, en un horno vertical, son muy oxidantes en la parte inferior; pero a la salida son siempre reductores. Habrá un punto o, mejor dicho, una zona de equilibrio donde los gases no serán ni reductores ni oxidantes. Ya se comprende que por encima de esta zona, todo el CO que se desprenda de los gránulos no podrá quemar y se perderá con los gases de escape. También, en esta zona, el CO₂ de los gases exteriores a los gránulos reaccionará, con el carbón de la superficie de las mismas, formando CO que se perderá también.

A pesar de que la práctica ha demostrado que las pérdidas en CO de un horno con crudo negro son inferiores a las de un horno corriente, el Dr. Spohn ha conseguido disminuir sensiblemente estas pérdidas con el proceso de granulación con cáscara.

En este proceso, los gránulos de crudo negro se recubren, antes de entrar en el horno, con una capita de crudo sin carbón (se puede emplear también polvo de clinker, etc.). Es decir, se hace una doble granulación con objeto de que los gránulos pasen la zona reductora lo más protegidas posible.

Este sistema está dando un resultado completamente satisfactorio y cree el Dr. Spohn que incluso se debe poder funcionar con buenos rendimientos con carbones altos en volátiles, como lignitos, y nos dijo que lo iba a probar en fecha próxima.

En definitiva, el proceso del crudo negro tiene las ventajas siguientes:

1.º Integración de las cenizas en el clinker de una forma uniforme, eliminando los nidos y reducciones producidos por la combustión del carbón dentro de los gránulos, como ocurre en el proceso corriente.

La integración homogénea de las cenizas del carbón en el clinker permite utilizar prácticamente carbones de cualquier cantidad de cenizas y sin ningún requisito granulométrico.

En cuanto a los nidos de cenizas y reducciones, todos sabemos que son los principales enemigos de la calidad.

2.º Como el clinker es muy poroso, la zona de clinkerización es corta, incluso en el centro del horno, y el enfriamiento es efectivo, cosa que no ocurre con los hornos corrientes. Además, el clinker se muele con mucha mayor facilidad.

3.º El rendimiento térmico es mejor y la producción mayor. Utilizando el sistema de cáscara se llega hasta unas 800 calorías por kg de clinker y una producción de 200 t/día para hornos de 2,5 m de diámetro.

4.º El proceso es tan regular que permite el automatizar el horno y utilizar electro-filtros cuando sea necesario. Como es conocido, los electro-filtros para que funcionen bien tienen que tener unos gases muy constantes en temperatura y humedad.

Hay que decir que, como todas las cosas adelantadas, exige, el sistema de crudo negro, una precisión muy grande de dosificación y control general.

En Málaga nos interesamos mucho por este proceso porque, aparte de un horno Lepol de doble paso de gases, tenemos dos hornos verticales modernos. Establecimos contacto como Lössche, que es el constructor que ha desarrollado las ideas del Dr. Spohn, para informarnos lo mejor posible de todo y para que nos proporcionase una visita a hornos en marcha.

Lössche, muy amablemente, nos gestionó la visita a la, citada más arriba, fábrica de Blaubeuren, de la "Portland Zement Werke Heidelberg. A. G."

Como les he dicho, visitamos, muy recientemente, esta fábrica, y quiero dar las gracias a los señores de la Heidelberg por lo amables y sinceros que estuvieron con nosotros. También a la casa Lössche, por los mismos motivos.

Tuvimos largas conversaciones con los Dres. Ruppert y Spohn, del Consejo de Administración de la Heidelberg; con el Dr. Kühn (hijo del conocido cementista del mismo nombre), director de la fábrica de Blaubeuren, y con los ingenieros Friederich, jefe de producción, y Schiller, de la casa Lössche.

Esta visita tenía especial interés para nosotros, porque en Blaubeuren tienen un Lepol de 600 t/día y cinco hornos verticales con crudo negro.

Se trata, pues, de una instalación similar a la nuestra, aunque, naturalmente, mucho mayor y mejor. Podíamos, pues, comparar los resultados de los hornos verticales con el Lepol y con los nuestros. Además, es una fábrica con primeras materias difíciles, como nos ocurre en Málaga.

Pues bien, visitamos detenidamente todo lo que nos interesó; nos dieron toda clase de informes de laboratorio, etc., etc., y—repito—todo ello con la máxima amabilidad.

Los cinco hornos verticales funcionaban: 2 con crudo negro y cáscara y los 3 restantes con crudo negro sin cáscara. Están tan contentos del sistema de cáscara que lo van a aplicar a los restantes hornos.

El funcionamiento de todos los hornos está muy automatizado y la impresión que nos hicieron fue magnífica: un hombre atendía la granulación y alimentación de los cinco hornos; tres hombres, los hornos en sí, y uno, el resto de la instalación; es decir, toda la instalación de los cinco hornos, produciendo más de 1.000 t/día, funcionaban con cinco hombres por turno.

Los fuegos se veían muy estables, y el clinker, a la salida, muy bueno, ligero y sin pedazos incandescentes. Estos hornos tienen un diámetro de 2,5 m, producen 200 t/día y el consumo de calorías por kilogramo de clinker es de unas 800 en los hornos con doble granulación y unas 900 en los hornos sin doble granulación.

Todos los aparatos demostraban que la marcha de los hornos era sostenidísima y que variaban poquísimamente la velocidad de la parrilla y la cantidad de aire (el año pasado la producción total de la fábrica fué de 500.000 t).

Nos dijo el Dr. Kühn que había muy poca diferencia en calidad con el clinker del Lepol, y que el cemento que producían con la mezcla de los dos clinker era uno de los mejores de Alemania dentro de la calidad de altas resistencias.

En fin, todo lo que vimos justifica cuanto les he dicho sobre el proceso y—en nuestra opinión—el sistema del crudo negro resuelve los principales inconvenientes del horno vertical actual y es el paso más importante que se ha realizado en este tipo de máquina.

A continuación, los señores Arteaga, Romeu, Del Campo, Sarabia, Ferrer Maluquer y Calleja comentan con el conferenciante las notables conclusiones obtenidas en la preparación y cocción del crudo negro, solicitando ampliación en detalles, tales como: forma del horno y de la parrilla, producción, formación de polvo, importancia de la calidad de carbones y sus cenizas, etc.