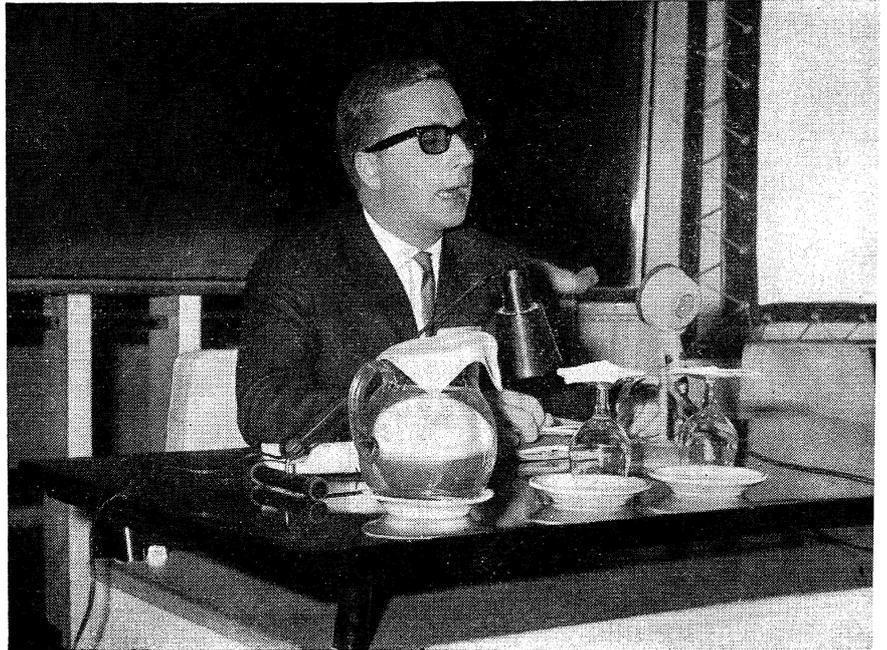


### **8.3. Problemas del revestimiento refractario de hornos rotatorios de grandes dimensiones**

**HORST M. LEMMENS**  
Comercial Didier-Mersa.



La verdad es que me encuentro poco preparado para molestar su atención después de tan brillantes discursos celebrados durante estos IV Coloquios.

Como ustedes saben, represento aquí una casa que se dedica a la fabricación de material refractario; y como algunos de los aquí presentes, amigos míos, están interesados en conocer los últimos avances técnicos sobre el empleo de material refractario en hornos modernos, me atrevo, pues, a dirigirles la palabra.

Es cierto que el revestimiento refractario de un horno de cemento es un factor muy importante en el cálculo económico de la fabricación de cemento, pero no quiero hablarles de las ventajas e inconvenientes de uno u otro material. Estas son meramente conocidas, e indicaciones dadas por mí en este aspecto podrían ser acogidas por ustedes como propaganda o juicios subjetivos; por esto, quisiera hablarles de los nuevos problemas tecnológicos y exponerles nuestras ideas sobre el desarrollo de las fábricas de cemento con respecto a la tendencia hacia el empleo de hornos rotatorios de grandes dimensiones y las consecuencias resultantes para nosotros como fabricantes de refractarios.

El discurso del señor Kirkegaard, de F. L. Smidth, en el cual hablaba de la posibilidad de construir hornos rotatorios de 7.600 mm de  $\varnothing$ , una longitud más de 200 m, para una producción diaria de 3.600 t, me inspiró revelarles nuestro punto de vista sobre este tema.

La semana pasada estuve en Alemania para tener un amplio intercambio de ideas con nuestros expertos sobre el complejo de problemas del revestimiento refractario de hornos de dimensiones extremas.

Para nosotros, es el revestimiento de estos hornos de una importancia trascendental. No cabe duda que de momento es teoría hablar de hornos de 7 y 8 m de  $\varnothing$ , pero es una teoría que se convertirá algún día en práctica.

Es sabido que la evolución técnica cambia las condiciones de servicio de los hornos. Se observa, en general, que se sustituyen los hornos de 2 y 3 m de  $\varnothing$  por mayores unidades de 4, 5 y 6 m, y muy pronto serán de 7 y 8 m de  $\varnothing$ . Claro está que esto crea nuevos problemas, especialmente para los refractaristas.

Quisiera poner de relieve algunos de estos problemas.

Hay distintas opiniones sobre la conveniencia del empleo de hornos grandes, porque ya a partir de 4 m de  $\varnothing$  se presentan ciertas dificultades al colocar el revestimiento. Estas dificultades de la colocación se agravan a medida que aumenta el diámetro del horno.

Se ha mejorado y modernizado mucho la fabricación de cemento; se emplean mandos automáticos, cámaras de televisión para la supervigilancia de los puntos clave, etc., para economizar y ahorrar los crecientes costos de la mano de obra. En medio de todo esto, hemos de reconocer que los refractarios se siguen colocando a mano, y esto es lógico y normal considerando las circunstancias actuales; pero ya que hablamos de hornos grandes, hemos de buscar métodos más racionales para revestir en un mínimo de tiempo de parada un horno de este tamaño con el forro refractario, y así tenemos que tratar de evitar una elevada pérdida de producción por el tiempo de la parada del horno.

Comparemos, por ejemplo, un horno de 2 m de  $\varnothing$  con otro de 8 m. Enfocando esta cuestión desde el punto de vista de la colocación del refractario, vemos claramente que, para hornos de diámetros superiores a 4 ó 5 m, se necesitan complicados dispositivos, como andamios y encofrados, que permitan al albañil el montaje de los ladrillos; por tanto, vemos que se presenta la primera dificultad.

Para mayor claridad, quiero citarles más detalles en forma de cifras elocuentes; y partiendo de la base que el grado de llenado del horno es igual tanto en hornos de dimensiones normales como en los grandes, obtenemos los siguientes datos:

En primer lugar, quiero mostrarles que la sección de cada horno, en metros cuadrados, depende del diámetro libre para expresar mejor la magnitud de un horno de gran diámetro.

Ante todo, hemos de considerar que el espesor del forro refractario no puede rebasar de un límite que consideramos como máximo 250 mm. Normalmente, se revisten los hornos normales con un refractario entre 160 y 220 mm; así que, para los cálculos que figuran a continuación, me baso en los siguientes espesores:

$\varnothing$ del horno	Espesor de forro
2 m	180 mm
4 m	200 mm
6 m	220 mm
8 m	250 mm

La sección libre del horno en dependencia del espesor del forro refractario es como sigue:

$\varnothing$ del horno	Espesor de forro	m <sup>2</sup>
2 m	180 mm	2,11
4 m	200 mm	10,19
6 m	220 mm	24,27
8 m	250 mm	44,10

De estos metros cuadrados de sección libre se aprovecha lo siguiente:

$\varnothing$ del horno	Espesor de forro	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
2 m	180 mm	2,11	0,41
4 m	200 mm	10,19	1,98
6 m	220 mm	24,27	4,74
8 m	250 mm	44,10	8,63

En resumen, el horno de 2 m de  $\varnothing$  tiene una sección aprovechable de 0,41 m<sup>2</sup>. La sección aprovechable de un horno de 8 m de  $\varnothing$ , es más de veinte veces mayor, o sea 8,63 m<sup>2</sup>. Así comprendemos mejor la magnitud de un horno de tales dimensiones.

He hablado antes de la necesidad de emplear métodos más racionales en hornos grandes. Esto se refleja ahora con más claridad al enfocar los pesos del revestimiento refractario por metro lineal del horno.

Como ejemplo, voy a indicarles ahora los pesos en toneladas por metro lineal de revestimiento, basados en una densidad aparente de 2,95 kg/dm<sup>3</sup>, que es el peso normal para un ladrillo de magnesita cocida para la zona de sinterización:

$\varnothing$ del horno	Espesor de forro	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Refractario t/m lineal
2 m	180 mm	2,11	0,41	3,00
4 m	200 mm	10,19	1,98	7,00
6 m	220 mm	24,27	4,74	11,70
8 m	250 mm	44,10	8,63	18,00

En total se precisan 18 t por cada metro lineal del horno de revestimiento refractario para un horno de 8 m de  $\varnothing$ . Esto también les transmitirá una idea del tiempo necesario para el revestimiento de un horno de tal dimensión.

Considerando la carga específica del clínker en la zona de sinterización, y basándome en un peso de 1,4 kg/dm<sup>3</sup>, incluso costra, pero sin contar el refractario, incrementa el peso por metro de longitud del horno (zona de sinterización) como sigue:

$\varnothing$ del horno	Espesor de forro	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Refractario t/m lineal	Caudal de clínker t/m lineal
2 m	180 mm	2,11	0,41	3,00	0,57
4 m	200 mm	10,19	1,98	7,00	2,78
6 m	220 mm	24,27	4,74	11,70	6,64
8 m	250 mm	44,10	8,63	18,00	12,10

Así, tenemos ya bastantes pesos, mejor dicho, una elevada carga que repercute en los refractarios.

## CONCLUSION

La presión o tensión a que está sometido el refractario será sensiblemente mayor en hornos de grandes dimensiones.

Hasta ahora he hablado de los problemas de colocación y de la elevada presión con que actúa sobre el forro refractario. Ahora quiero revelarles otro problema, el del posible aumen-

to de la carga térmica. En este punto quiero hacerles observar la dimensión del caudal de clínker:

Ø del horno	Espesor de forro	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Refractario t/m lineal	Caudal de clínker t/m lineal	Longitud de la sección del caudal de clínker en m
2 m	180 mm	2,11	0,41	3,00	0,57	1,42
4 m	200 mm	10,19	1,98	7,00	2,78	3,12
6 m	220 mm	24,27	4,74	11,70	6,64	4,81
8 m	250 mm	44,10	8,63	18,00	12,10	6,49

Es decir, que para un horno de 2 m de Ø hay una superficie de 1,42 m<sup>2</sup> de caudal de clínker por metro de longitud, y de 6,49 m<sup>2</sup> en un horno de 8 m de Ø.

La pregunta es ahora: ¿Es suficiente la llama de un solo quemador para aportar el calor necesario de la sinterización del clínker en una superficie de 6,5 m<sup>2</sup>?

Quizás se emplearán dos o tres mecheros repartidos paralelos a la superficie del clínker.

Entonces resultarían elevados ataques térmicos que son otro inconveniente que repercute en la duración del refractario. Es interesante saber que la temperatura media de la llama en toda su longitud aumenta a medida que crece el diámetro del horno.

Por ejemplo, la temperatura media de la llama, en un horno de 2 m de Ø, es 1.540° C.

En un horno de 4,4 m de Ø ya son 1.750° C. No sabemos cómo será la temperatura en un horno de 8 m de Ø. Podemos llegar a cifras exorbitantes y la temperatura media de la llama puede ascender a cerca de 1.900 grados centígrados.

No sé contestar a esta cuestión y no quiero meterme en otros campos, y me permito recordar que somos fabricantes de refractarios; pero, no obstante, hemos de estudiar los problemas ampliamente para abrir nuevos caminos que permitan economizar el proceso de fabricación de cemento.

Considerando lo antedicho se cristaliza un complejo enorme de dificultades que ha de superar el refractarista, porque las condiciones a las que están expuestos nuestros ladrillos en hornos grandes ya no son comparables con las que rigen en los hornos pequeños.

En las calidades refractarias se está alcanzando ya un límite, pero nosotros seguimos afinando y buscamos nuevos métodos para ofrecer otras ventajas, como, por ejemplo, cuñas de formas especiales o cuñas machihembradas, que aportan más rigidez al forro y economizamos el tiempo de montaje con otros métodos de colocación.

Me doy cuenta que estoy abusando del tiempo disponible; por eso he de terminar mi charla haciéndoles observar que estudiamos continuamente todas las posibilidades para ayudar eficazmente a la realización de los nuevos proyectos, pero también tengan ustedes en cuenta que la Naturaleza nos impone sus límites.

De todas formas, pueden confiar en que nosotros sabemos solucionar también los problemas que he expuesto ahora.

Gracias por su atención.