

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

618-37 CONSTRUCCION Y REPARACION DE HORNOS ROTATORIOS

(Fragen der Konstruktion und Reparatur von Drehöfen)

W. Bohman

De: "ZEMENT-KALK-GIPS", vol. 7, nº 11, noviembre 1954, pág. 415

- S i n o p s i s -

Se presentan algunas novedades sobre la construcción de hornos con guía longitudinal forzada, y sobre el empleo de un nuevo tipo de cojinetes. Se comparan las ventajas y defectos de los tubos soldados y roblonados.

Una condición indispensable para obtener un balance térmico satisfactorio en la marcha continua de un horno rotatorio es el haberlo construido de acuerdo con un proyecto adecuado, siendo necesario, posteriormente, un entretenimiento perfecto.

Por esta razón, vamos a considerar, a continuación, algunas novedades referentes a construcción y reparación de los hornos rotatorios.

El tamaño siempre creciente de los hornos rotatorios, y, por consiguiente, su peso, exige una mayor superficie de rodamiento y mayor diámetro de los rodillos de rodamiento; de esta forma, se podrá conseguir que las presiones de Hertz se mantengan pequeñas. El diámetro de los rodillos de rodamiento queda limitado por la altura de los cojinetes, que no han de ser demasiado grandes si se han de disponer tambores de enfriamiento o enfriadores de parrilla bajo el horno. En los hornos grandes, el desgaste de los anillos de apoyo y

de los rodillos de rodamiento es muy grande. Además, aparecen roturas de aristas y otras irregularidades semejantes, que determinan la sustitución anticipada de los rodillos y de los anillos; este hecho trae como consecuencia la detención del horno y numerosos gastos.

Los rodillos de apoyo deben cumplir, simultáneamente, las tres condiciones siguientes:

- 1.- Han de soportar el tubo del horno.
- 2.- Han de eliminar el deslizamiento, hacia abajo, del tubo ligeramente inclinado.
- 3.- Han de transmitir, forzosamente, el desplazamiento longitudinal del tubo; pues éste, en el caso de la colocación corriente de los cojinetes, no puede correr, de forma continua, sobre el rodillo inferior.

No es sencillo conseguir estos tres requisitos en los hornos grandes; el resultado es que las superficies de apoyo soportan, simultáneamente, presiones (compresión) y esfuerzos cortantes.

Estas tres condiciones se han resuelto mediante la posición inclinada de los rodillos de rodamiento. Este hecho significa que el tubo del horno, en último extremo, funciona como un gran tornillo en el que los anillos de apoyo constituyen, en cierto modo, el paso de rosca. Los rodillos de rodamiento constituyen, análogamente, el correspondiente filete matriz. De esta forma, el perno, así como el tubo del horno, es atornillado, de forma permanente, hacia arriba; este movimiento conduce a la rotura del rodillo soporte superior. Se puede impedir este hecho, pero, en último extremo, sucede que el paso de rosca se encuentra forzado, continuamente, en las superficies

de rodamiento de los anillos y de los rodillos y, por consiguiente, sometido a un desgaste excesivo.

En el caso óptimo, las superficies de rodamiento de los anillos y de los rodillos son paralelas, de forma que la superficie de contacto es rectangular.

Este caso está representado en la parte izquierda de la figura 1. También se indican en esta figura las cargas soportables. En el caso de que los rodillos se hallen inclinados, la superficie de contacto es triangular. Cuanto mayor sea la inclinación de los rodillos, tanto más pequeña será la altura del respectivo triángulo y, por consiguiente, mayor la carga; si esta inclinación es muy grande da lugar a la formación de rebabas e, incluso, a la ruptura de las aristas. En la parte inferior de la misma figura se puede observar cuánto mejor se pueden soportar dichas cargas si los rodillos de rodamiento están ligeramente abombados. Pero tal hecho no es posible en el caso de la colocación corriente del rodillo de rodamiento, pues se elevaría el efecto de aornillamiento.

Todavía es peor cuando el tubo del horno se encuentra doblado. En la figura 2 se ha trazado la conocida línea elástica de un viejo tubo de horno; en dicha figura se ha exagerado un poco. Se observa en ella cómo se disponen, en dicho caso, los anillos de apoyo, y cómo, de esta forma, sin quererlo, se consiguen pasos de rosca con distinta inclinación o con sentido opuesto de giro. Estos pasos de rosca funcionan, entonces, en oposición; aumentan el desgaste y conducen a la rotura de los cojinetes y a cargas elevadas del tubo del horno. En la figura se ha representado, en la parte superior, el desgaste de las superficies de rodamiento; como es, considerablemente, diferente en todas partes, resulta, por esta razón, un cambio adicio

nal de situación del tubo del horno. Como este desgaste se distribuye irregularmente sobre la superficie de rodamiento, se originan abombamientos y, más tarde, rotura de las aristas.

Lo verdaderamente perturbador es que estas elevadas cargas no se presentan, en absoluto, de forma natural, sino que se producen de forma artificial. Propiamente, había de transmitirse, únicamente, el esfuerzo cortante longitudinal, es decir, la componente horizontal del peso del horno; desde luego, esta no es tan grande. El peso de un tubo de horno, de 3,4 m de diámetro y 55 m de largo, es, aproximadamente, de 450 t; en el caso de una inclinación de 3,5%, o aproximadamente 2° , el esfuerzo cortante longitudinal es igual al peso multiplicado por $\text{sen } 2^\circ$: es decir, en este ejemplo, 15 t.

Se han buscado soluciones para aliviar los rodillos de rodamiento y para el mejoramiento de los cojinetes. F. Kaminsky ha decidido el empleo de una guía longitudinal forzada. De esta forma, los rodillos de rodamiento son, únicamente, rodillos de apoyo. Por esta razón se han de colocar paralelamente; las superficies de rodamiento de los anillos de apoyo debe estar ligeramente abombadas. Deja de presentarse el efecto perjudicial de atornillamiento, de forma que el rodillo superior de apoyo se hace innecesario, conservándose, únicamente, por motivos de seguridad. El rodillo de apoyo inferior se halla, permanentemente, en contacto con el anillo de apoyo; puede transmitir sin dificultad, las 15 t indicadas. Kaminsky mueve este par de rodillos de apoyo mediante un accionamiento excéntrico o hidráulico, de arriba a abajo, a lo largo de algunos centímetros.

La figura 3 presenta una de estas disposiciones, con rodillo de rodamiento abombado. Los rodillos de apoyo se encuentran dis-

puestos en una báscula; mediante el accionamiento excéntrico se consigue que el movimiento oscilante sea regular.

En la figura 4 se presentan los resultados. Se trata de un diagrama de los movimientos de desplazamiento, de una instalación corriente y de otra con guía longitudinal automática. En el primer caso el horno se ha desplazado durante un largo intervalo hacia el rodillo inferior y después hacia el rodillo de apoyo superior, donde la mayoría de las veces ejerce también una presión considerable. En el caso de guía automática, el movimiento tiene lugar según una sinusoides. Entre el anillo de apoyo y el rodillo de rodamiento se transmite presión de compresión, pero no esfuerzo cortante. Mediante el movimiento longitudinal dirigido, de forma regular, se consigue un efecto de pulimento y un endurecimiento, en frío, de las superficies de rodamiento. Técnicamente, se puede llegar a un desgaste mínimo.

En la actualidad, se hallan en construcción nuevos hornos de hasta 60 m de largo, con guía longitudinal hidráulica.

Consideraciones semejantes condujeron a Klemencic al desarrollo de un nuevo cojinete Humboldt, con el fin de conseguir, en la superficie de rodamiento, un movimiento de rodamiento puro, sin deslizamiento. Si la velocidad lineal del anillo de apoyo y del rodillo de rodamiento coinciden en valor absoluto y sentido, no se presenta deslizamiento ni esfuerzo cortante. Este deslizamiento y empuje cortante es doblemente peligroso en cuanto al desgaste, debido a que no suele ser continuo, sino intermitente. Justamente, este tipo de deslizamiento intermitente es la verdadera causa, tanto de la formación de oscurecimientos como de la temida formación de hoyuelos. También en los laterales de las ruedas dentadas aparecen estos hoyuelos, justamente en la zona de pequeña velocidad de deslizamiento, es decir, en la proxi-

midad del círculo de paso.

Klemencic quiere eliminar, por completo, la transmisión del empuje cortante longitudinal.

La figura 5 nos muestra, a la derecha, el cojinete coaxial rígido. En primer lugar, hay que indicar que el tubo del horno -en esta figura- no se ha representado de acuerdo con las ideas modernas. Actualmente, el tubo se construye, en la zona del anillo de apoyo, de una sola chapa.

La misma figura, a la izquierda, nos presenta el nuevo tipo de cojinete. En este tipo de cojinete existe todavía gorrón; en el interior del rodillo de rodamiento se ha dispuesto un cojinete oscilante de rodillos, que hace que la corona de rodamiento se mueva como una bola; de esta forma, se consigue que, incluso en el movimiento de cabeceo del anillo de apoyo, se pueda ajustar de tal forma, que las superficies de rodamiento trabajen en su totalidad. El cojinete ya no se encuentra inclinado, sino horizontal; puede transmitir, principalmente, fuerzas verticales de apoyo. No se transmite ningún esfuerzo cortante axial, de forma que quedan aliviados el tubo del horno, el cojinete y los soportes.

Se pensó en el inconveniente de que, en un medio ambiente tan polvoriento como el que reina en una fábrica de cemento, sería extremadamente difícil lograr un cierre hermético del cojinete oscilante de rodillos. Pero parece ser que este hecho no es imposible de conseguir.

La segunda novedad del cojinete Klemencic consiste en que se elimina, principalmente, el esfuerzo longitudinal, de forma que sólo pueden originarse presiones verticales sobre el cojinete.

En la figura 6 puede observarse la manera de conseguir esta ventaja. De acuerdo con la inclinación del horno se construyeron las superficies de rodamiento de los anillos y de los rodillos en forma de conos truncados. Estas superficies de rodamiento, con forma de troncos de cono, descansan mediante los rodillos de apoyo, abombados y regulables, de forma continua, en toda su extensión; no transmiten más que fuerzas verticales de apoyo. No aparecen ya los efectos de atornillamiento; los rodillos de apoyo no tienen otra misión que soportar el esfuerzo cortante longitudinal, pequeño, del tubo del horno.

En el caso de rodamiento puro, sin deslizamiento o sin deslizamiento intermitente, y en el caso de distribución regular de la carga sobre toda la superficie del rodillo, aparece un efecto de pulimento, y, por esta causa, el desgaste se reduce a un mínimo.

La fabricación de tubos de hornos completamente soldados ha hecho tales avances en los últimos años que se han desechado los tubos roblonados. Una unión de piezas roblonadas representa, solamente, un recurso de urgencia; las cabezas de los remaches perturban el revestimiento. Se ha rechazado, por completo, la idea de que en la zona de sinterización se debían emplear, únicamente, uniones roblonadas para poder realizar el cambio de las deterioradas; actualmente, se ha comprobado que el recambio o la reparación se puede llevar a cabo empleando la soldadura en lugar de los remaches.

En la actualidad, dominan los tubos completamente soldados.

En la figura 7 está representada una unión roblonada y una soldada. Una unión roblonada sólo es práctica si las dos chapas cierran exactamente a lo largo del círculo del horno: esta es una condición casi imposible de alcanzar, debido a que, por lo general, no

coincidirá su curvatura. Se puede obtener una unión más perfecta con un roblonado más numeroso, pero desde luego no muy duradera. En dicha figura se observa la desviación que experimenta la transmisión del es fuerza en una junta roblonada; en cambio, en las inmediaciones de una junta soldada no se produce ninguna perturbación. Además, en el caso de juntas soldadas, no tiene importancia que las dos chapas que se van a soldar no presenten justamente la misma curvatura, pues pueden conciliarse, mediante la soldadura, pequeños desniveles.

En la parte inferior de la figura se pueden observar las placas empleadas en los puntos en que se encuentran los anillos de apoyo. Se suelen emplear chapas gruesas, hasta de 60 mm. Corrientemente, lo que se suele hacer es rebajar los extremos hasta alcanzar el espesor de la chapa corriente. Claro está que de esta forma, al tornear la chapa se producen unas muescas y entalladuras en la superficie de la chapa, que pueden constituir el punto de partida para la formación de fisuras.

Por esta razón, en los hornos modernos se ha prescindido del torneado; en cambio, se ha introducido el empleo de tubos soldados en escalón. De esta forma, al soldar se igualan los desniveles y el tubo presenta la apariencia cónica que adquiere con el torneado. Pero, además, no hay que olvidar la gran diferencia existente entre el costo de un tubo torneado cónicamente y otro soldado; sobre todo, hay que recordar que existen pocos tornos en los cuales se puedan trabajar tubos de 3,4 m, e incluso más metros, de diámetro.

(Continuará)

S. F. S.

- - -

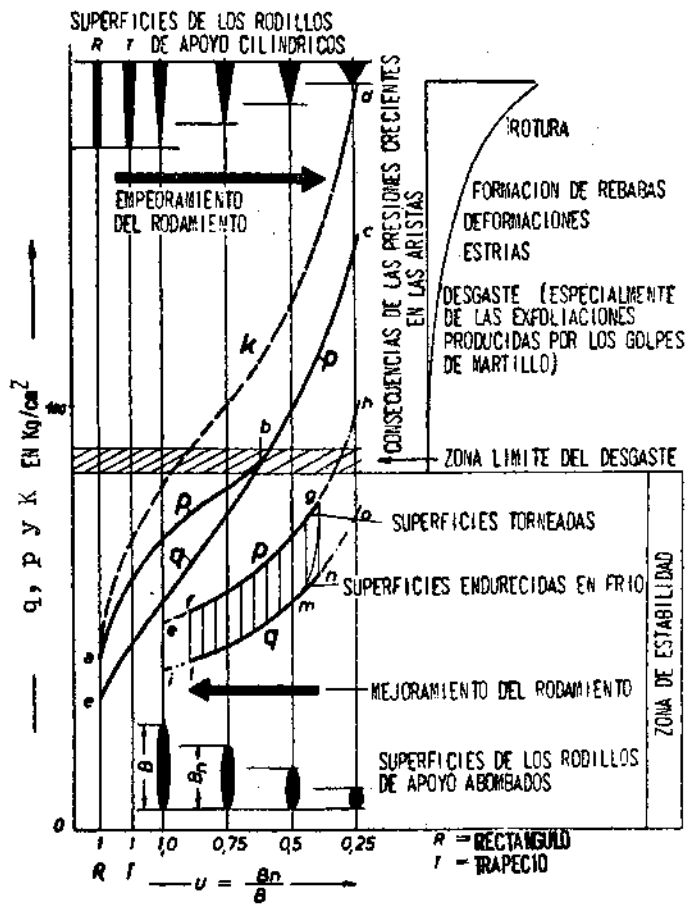


Fig. 1

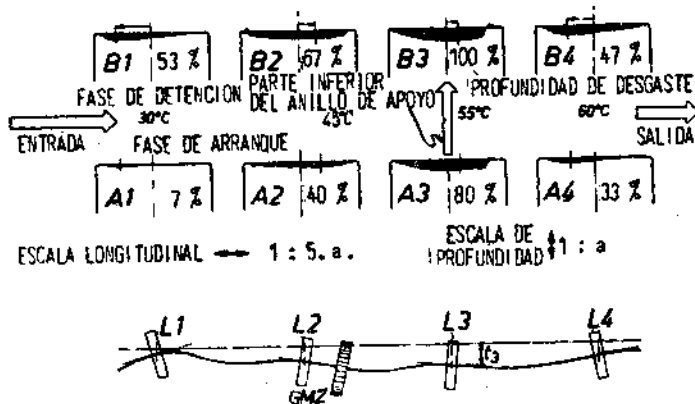


Fig. 2

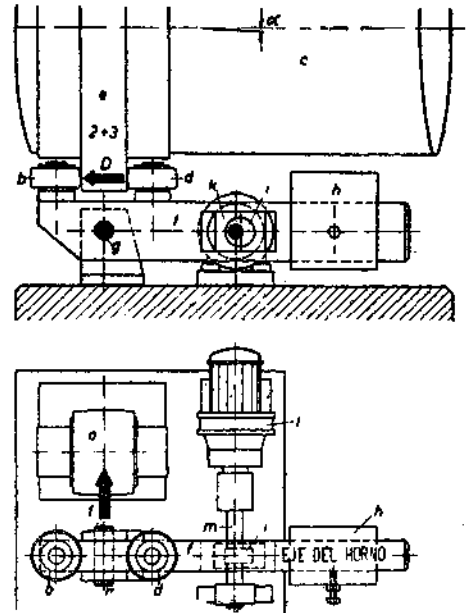


Fig. 3

Fig. 1.—Presiones en los rodillos de apoyo de los hornos rotatorios.

Fig. 2.—Línea elástica y perfil de desgaste.

Fig. 3.—Horno rotatorio compensado.

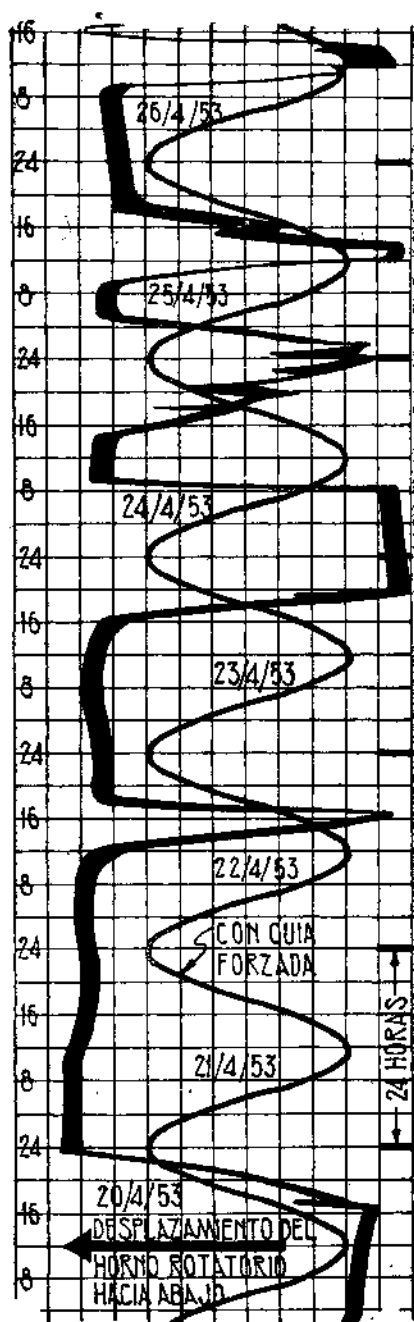


Fig. 4

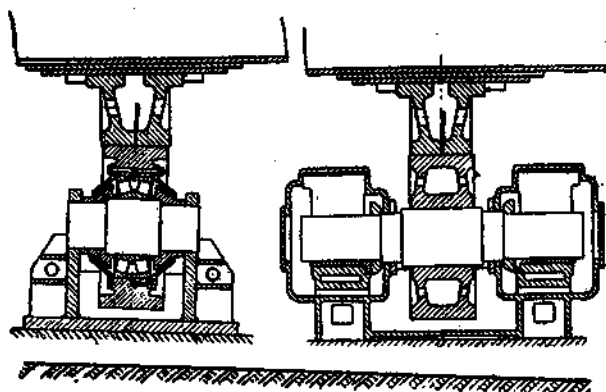


Fig. 5

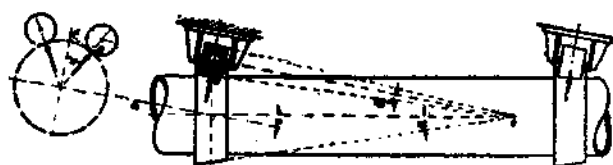


Fig. 6

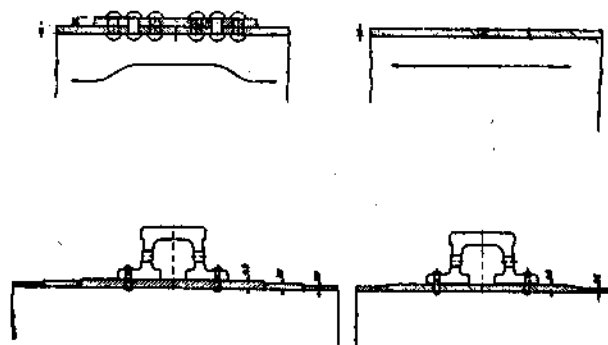


Fig. 7

Fig. 4.—Diagrama de los desplazamientos del horno.

Fig. 5.—Cojinetes de rodillos de apoyo, rígido y troncocónico regulable.

Fig. 6.—Fundamento del cojinete Humboldt para el horno rotatorio, con rodillos de apoyo troncocónicos regulables y superficies de rodamiento abombadas.

Fig. 7.—Juntas roblonadas y soldadas.