

666.94.041 = 60

618-47

el nuevo horno giratorio lepol en Kiefersfelden

H. IHLEFELDT
Doctor Ingeniero

Desde la fundación de la fábrica en Kiefersfelden se ha trabajado allí con hornos giratorios. Durante los últimos años el rendimiento ha aumentado constantemente. Por lo cual crecía la cantidad de polvo y gases de expulsión. Con el montaje de una instalación para la separación del polvo por ciclones, se consiguió una disminución importante del polvo, pero no se resolvió el problema de los humos. Se hicieron ensayos muy costosos de separación de polvo por humedad y por filtros Lühr, en parte en Kiefersfelden y en parte en la sucursal de Blaubeuren, pero sin el éxito esperado. Es cierto que se habían empleado filtros eléctricos en instalaciones más antiguas, pero en nuestros hornos modernos, de alto rendimiento, que funcionan muy económicamente, se había prohibido su empleo, a causa de la baja temperatura de los gases. Este problema se ha resuelto hace poco tiempo. En Blaubeuren se ha conseguido mantener automáticamente la temperatura de los gases constantemente en la misma altura, de manera que ahora se pueden usar allí los filtros eléctricos. Esta posibilidad existe también en Kiefersfelden, pero sería preciso parar los hornos por algún tiempo y transformarlos uno por uno. Como la región de Kiefersfelden tiene un paisaje hermoso, pero circundado por montañas, el humo se nota mucho más que en regiones situadas en el llano. A pesar de los gastos considerables, la Dirección decidió cambiar y montar un gran nuevo horno.

Después de la guerra se introdujo en la industria del cemento alemana y extranjera cada vez más el horno Lepol; así mismo, hace dos años, se hicieron ensayos de cocción con materia prima de Kiefersfelden con nuestro horno Lepol en Lengfurt.

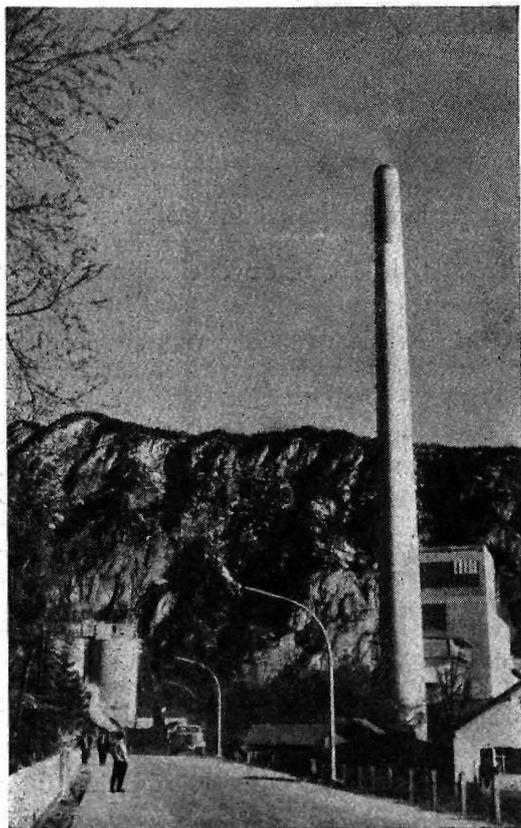
Estos ensayos alcanzaron excelentes resultados, tanto por la economía del procedimiento como por la calidad del clínker fabricado. Con la base de estos ensayos, y en razón de las experiencias favorables que habíamos hecho con los hornos Lepol en nuestras fábricas en Leimen, Blaubeuren y Lengfurt, la Dirección decidió erigir, en Kiefersfelden, una instalación con un rendimiento de 700 toneladas diarias. Con ello resultó posible parar temporalmente los hornos existentes y transformarlos de manera que pudiera efectuarse una depuración eléctrica de los gases. El horno Lepol mismo produce menos polvo que otras clases de hornos. La separación del polvo en los gases se efectúa en un recorrido intermedio y después en la parrilla Lepol. Pero como Kiefersfelden es un sitio de turismo bastante importante en el valle del Inn, se ha decidido erigir además un filtro eléctrico y una chimenea de 80 m de altura para evitar en lo posible el polvo y los humos. Desde luego, estas instalaciones causaron gastos considerables.

A causa de la situación particular de Kiefersfelden, se ha prestado atención a la forma y al acabado exterior de este edificio. Los muros exteriores consisten en bloques huecos de hormigón, que estaban puestos cuidadosamente con juntas exactas. Los tubos de los hornos giratorios se encuentran fuera del edificio, y para mejorar la estética arquitectó-

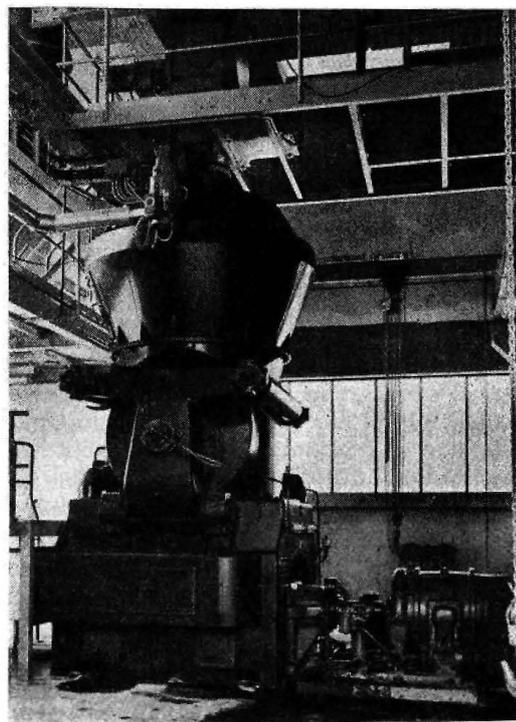
nica se ha cubierto el tubo con placas laterales de Eternit ondulado, intercalado con bandas de cristal armado. También los colores de las ventanas y diversos otros elementos de la construcción se han empleado en armonía con el paisaje.

El proyectar y construir la instalación en Kiefersfelden era una de las tareas más satisfactorias para la Sección Técnica de la Administración Principal, bajo la dirección del Ingeniero Surmann. Se hizo en colaboración con el Sr. A. Lude, Gerente de la Fábrica de Kiefersfelden. La instalación del horno, los trabajos de maquinaria y la supervisión era asunto del Sr. Maier, Ingeniero, junto con los colaboradores de los talleres de diseño de la Sección Técnica. Era responsable de los trabajos arquitectónicos el Ingeniero Sr. Bachmann. El encargado de las instalaciones eléctricas era el Ingeniero Sr. Scherr; y de los controles y la depuración de los gases, el Sr. Dr. Ihlefeltdt.

Se habían estudiado todas las posibilidades para la situación del nuevo horno. El factor determinante para el sitio escogido finalmente era la relación orgánica con la parte ya existente. Había que tener en cuenta que entre la instalación antigua y la nueva debía crearse un almacén al aire para el clínker, y la nave de ensacado con sus accesos debían permitir una futura ampliación. Además debía alcanzarse un desarrollo de producción económico.



La chimenea con muy poco humo, a pesar de plena marcha



Molino de carbón «Loesche»

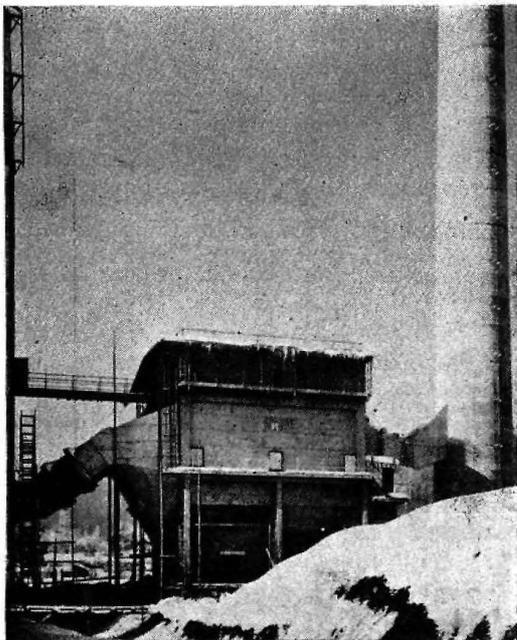
En el intervalo entre el fallo de la Dirección hasta conseguir la autorización para la construcción, se hacían en los talleres los diseños para los grupos de la instalación. El proyecto exacto y cuidadosamente acabado facilitaba la construcción y el montaje del horno Lepol en menos de doce meses.

INSTALACION DE LA MAQUINARIA

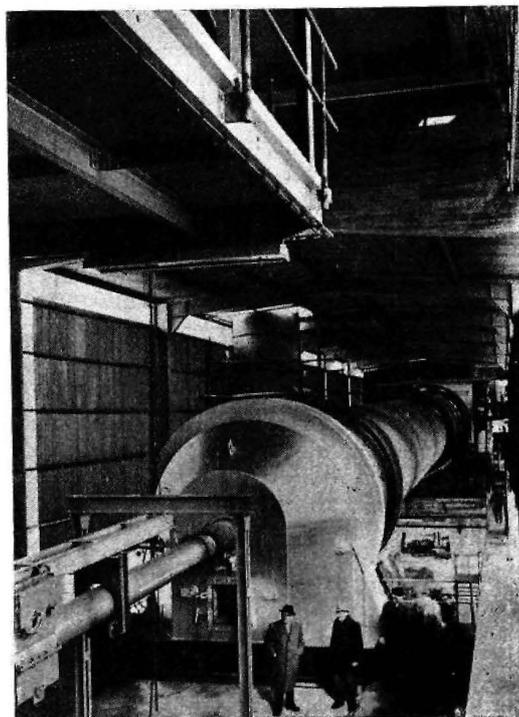
El tubo giratorio, la parrilla Lepol y los platos granuladores fueron entregados por la firma Polysius, S. L., fábrica de máquinas en Neubeckum. El conjunto de la instalación consiste en un gran número de piezas de maquinaria, parte de las cuales constituyen desarrollos técnicos de la misma fábrica. La sección técnica ha trabajado a fondo los detalles de los grupos y determinación de las dimensiones.

El conjunto se compone de los siguientes grupos principales:

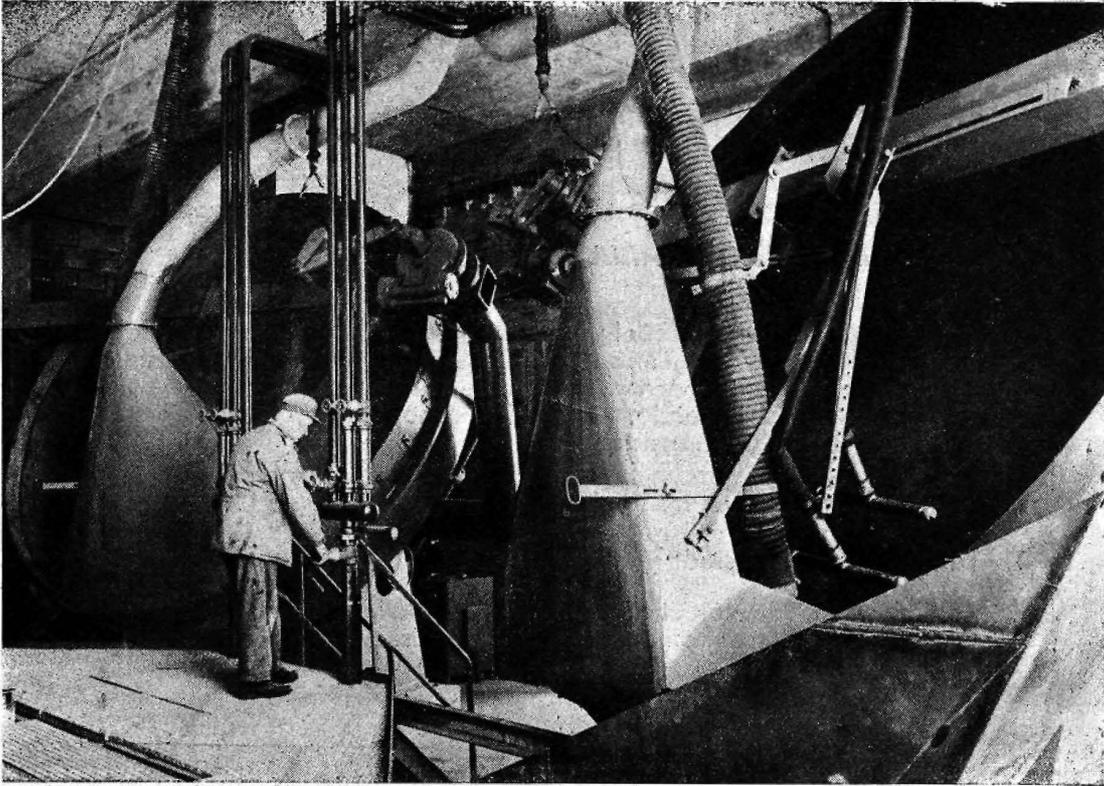
1. La preparación del crudo y transporte.
2. La parte del crudo, con el circuito del crudo, la dosificación para el crudo y el agua, los dos platos granuladores, y una separación de polvo.



Purificación eléctrica de los gases, sistema Lurgi, y chimeneas

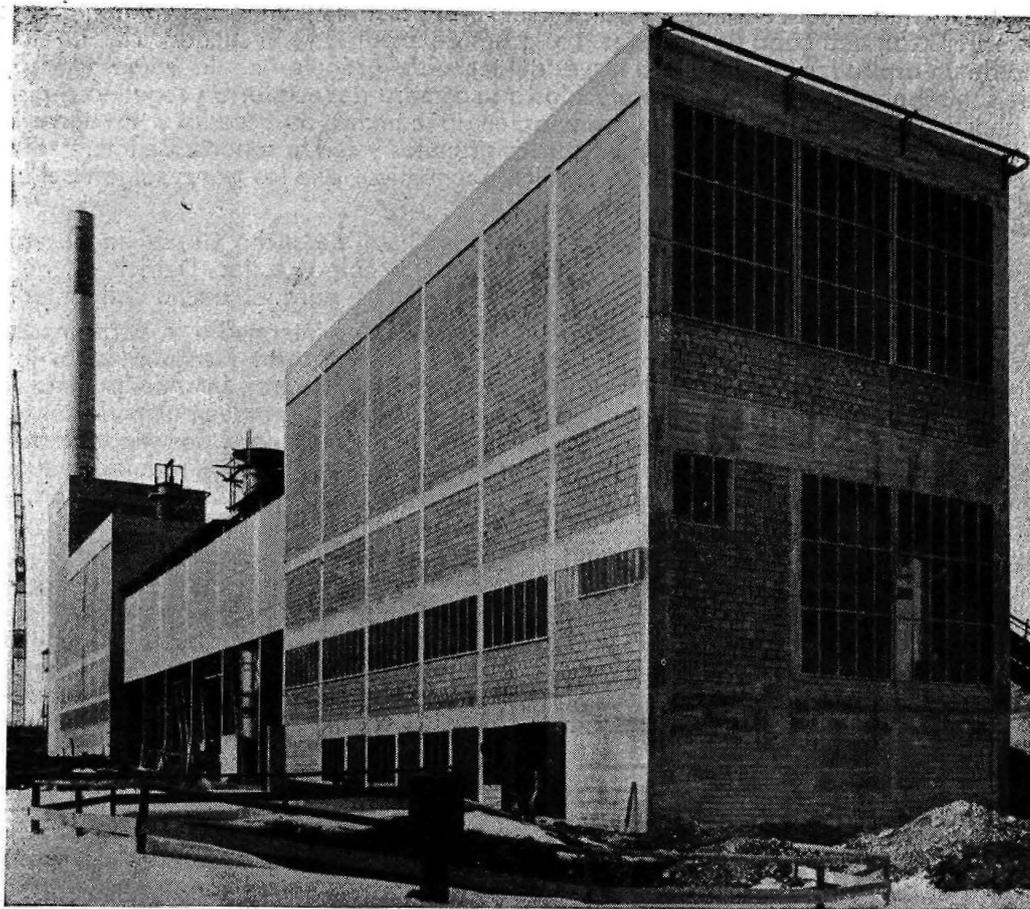


Horno Lepol, con su parrilla, visto desde el puente de mando



Los dos platos de granulación para un rendimiento hasta 800 t diarias = 1.200 t de crudo diario

3. La parrilla Lepol, con la fundación, el tubo de entrada y elementos transportadores para el retorno de los materiales que pasan por la parrilla.
4. La instalación de transporte por aire comprimido, con separación intermedia.
5. El horno giratorio, con la completa alimentación por carbón en polvo.
6. La instalación para molienda del carbón.
7. El enfriador de clínker tipo Fuller, con cadena de transporte.
8. La depuración eléctrica de los gases, tipo «Lurgi», con dispositivos para extraer el polvo, y las instalaciones transportadoras.
9. La chimenea de 80 m de altura.
10. El puesto de mando, con señales luminosas, control con armaduras de relays y sus equipos.
11. El abastecimiento de corriente eléctrica por una estación transformadora.
12. El abastecimiento de agua.
13. La parte constructiva, con las fundaciones para las máquinas.



Horno Lepol y molino de carbón, vistos desde el Sur

Como el describir todos los detalles y particularidades nos llevaría al infinito, se quiere señalar solamente las características principales de los diversos grupos de la instalación:

Dosificado según la composición deseada, el crudo homogeneizado viene desde los silos al horno Lepol. El dosificador de control automático lleva el crudo sobre un transporte intermedio a la cinta. La alimentación está regulada con una báscula tipo Boeckel.

La cinta transportadora lleva el crudo al circuito del elevador de cangilones; y desde allí, la cantidad deseada de crudo se pone sobre los dos platos granuladores de 4,2 m \varnothing cada uno. Lo que sobra vuelve a un silo de reserva, desde donde es transportado otra vez al elevador de cangilones. El agua necesaria para la granulación se mide por medio de un rotámetro. El cuadro de mandos está dispuesto de manera que el encargado pueda observar la formación de los gránulos y al mismo tiempo efectuar correcciones en el tablero de mandos. Los platos granuladores llevan el crudo hacia una instalación móvil, que reparte la mezcla uniformemente en la parrilla Lepol. En la parte del crudo, el polvo se separa completamente por un filtro de manguera tipo Beth.

La parrilla Lepol constituye prácticamente una parrilla móvil, encerrada en una caja, que se cubre con una capa de gránulos. Los gases de expulsión son sacados del horno por medio de un aspirador intermedio, a través del lecho de gránulos en la cámara de calor, donde son separados del polvo y conducidos a la cámara de secado. Un segundo aspirador saca ahora los gases por el lecho de gránulos en la cámara de secado y los lleva a la depuración eléctrica. Al llevar los gases por los gránulos y con la separación intermedia por ciclones, se consigue, aparte del efecto térmico económico, que los gases salgan del horno Lepol completamente separados del polvo.

Para la parrilla Lepol, de 22,6 m de longitud y 3,5 m de ancho útil, se ha necesitado una construcción reforzada y el hogar recibió un techo colgante tipo Detrick, porque las construcciones ordinarias de bóvedas no eran suficientes para el ancho útil antedicho.

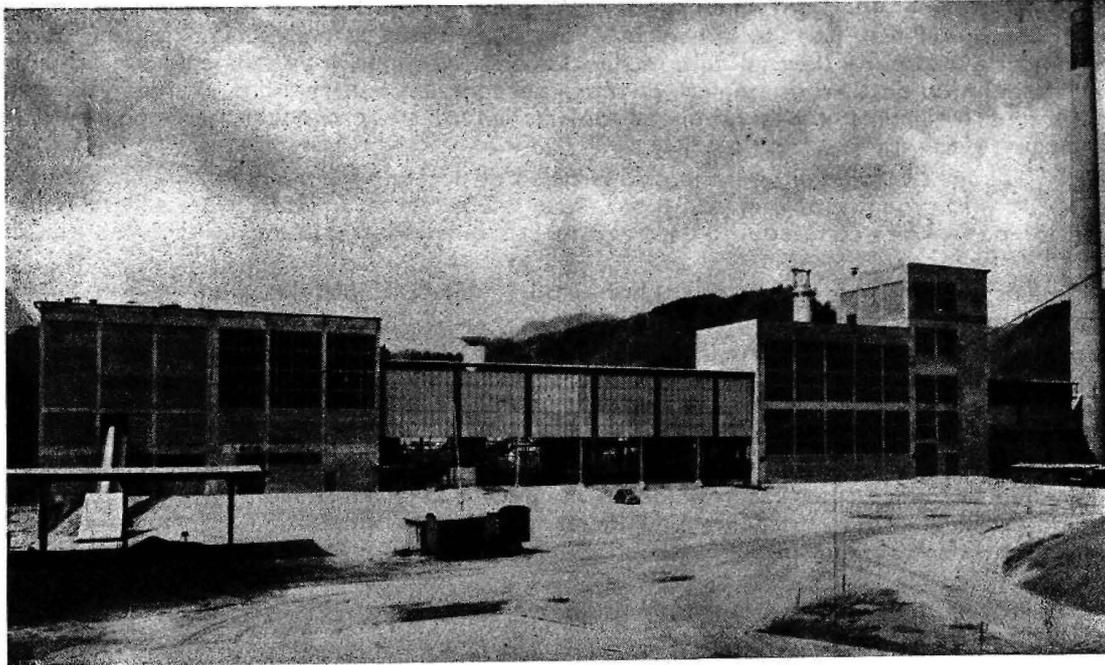
(La instalación de absorción comprende el aspirador intermedio y el aspirador de gases de expulsión, con las conducciones necesarias). Como ya está mencionado arriba, se ha dispuesto entre la cámara de calor de la parrilla y el aspirador intermedio una separación por ciclones de 7 cuerpos; en él se efectúa la separación del polvo de los gases sacados de la cámara de calor antes de la entrada en la cámara de secado. Para esta parte de la instalación se han empleado aspiradores de alta calidad con regulador de revoluciones. La instalación de estos aspiradores exigía investigaciones y cálculos a fondo, pues la diferencia de presión entre la cámara de calor y la cámara de secado queda regulada al ajustar los reguladores de revoluciones.

El horno giratorio, de dimensiones 4 m \varnothing y 53 m de largo, tiene 3 apoyos reforzados y se ha cubierto de acuerdo con las condiciones especiales de Kieffersfelden. Igual que la parrilla Lepol, el horno giratorio está accionado por un motor-conmutador con regulación de número de revoluciones, a través de un mecanismo reductor de varios escalones. Para evitar deformaciones, causadas por refrigeración irregular, un motor auxiliar de impulsión facilita, en caso de corte de corriente, la rotación lenta del horno. Para la cocción del clínker a los 1.450°C se usa carbón en polvo, que se inyecta por una tobera en el horno, y allí se quema. La introducción y la dosificación del carbón se efectúa a través de tornillos sin fin dobles con regulador de revoluciones, los cuales también están controlados automáticamente. Esta instalación para la alimentación por carbón en polvo comprende más elementos transportadores, que forman un sistema particular; este sistema se ha desenvuelto en nuestra Empresa en colaboración con una fábrica de máquinas interesada. Por razones de economía térmica, el interior del horno fué forrado con ladrillos aislantes sobre toda la longitud.

La instalación para molienda del carbón constituye un grupo particular. Fué montado detrás del control en relación orgánica con él. Toda la instalación del carbón en polvo está depurada por un filtro tipo Beth.

Un generador de aire caliente suministra el calor para secar el carbón durante la molienda. Para su servicio se han combinado los conmutadores y los aparatos de control y medida en un puesto de mando con señales luminosas. Este puesto de mando y sus tableros se encuentran en cuartos especiales, según las prescripciones legales. Desde el molino de carbón el operador puede observar el puesto de mando y la maquinaria, a través de un ventanal.

El clínker cocido se refrigera en un enfriador inclinado de parrilla tipo Fuller a una temperatura de 60-80° C. El calor ganado en el proceso de enfriamiento va como aire secundario al horno. El excedente del aire de refrigeración debe aprovecharse al máximo en el molino de carbón o en el molino de crudo para secar el material. El enfriador traslada el clínker por medio de una cadena transportadora montada en el subterráneo. Esta lleva el material una vez clínkerizado al silo. En el transporte para el clínker se ha montado también una báscula para el control del rendimiento del horno. Los gases de expulsión que salen son conducidos a una instalación con dos cámaras para la depuración eléctrica y allí se purifica del resto del polvo. Se han previsto las dos cámaras para que sea posible parar una de ellas sin que haya una interrupción importante. La construcción de este filtro eléctrico



Horno Lepol y molino de carbón, vistos desde el Norte

se ha hecho muy cuidadosamente. Todo el cuerpo del filtro está aislado con lana de escoria para mantener la temperatura en las cámaras de filtros siempre a la misma altura, lo que es necesario para un buen funcionamiento del filtro. Se ha procurado también evitar que pase frío desde fuera al filtro y que sea posible la introducción de aire exterior o de humedad.

Los gases salidos del electro-filtro se llevan al aire por una chimenea de 80 m de altura. Hemos explicado ya al principio el porqué esta instalación de filtros eléctricos se ha construido con tanto cuidado y con tantos gastos, aunque para un horno Lepol con doble conducción de gas no es preciso un filtro eléctrico.

Desde el puesto de mando mediante señales luminosas y los instrumentos para medida y control se dirige toda la instalación. A ello pertenecen aparatos especiales que se encuentran en una sala particular. Muchos kilómetros de cables y conducciones relacionan el puesto de mando con los motores de impulsión y los aparatos de control automáticos. Todas las cifras necesarias para la marcha del horno se registran en aparatos indicadores.

La instalación dispone de una estación de transformadores propia, la cual está alimentada con una tensión de 6.000 V a través de la instalación principal de conmutadores. Una célula especial de conexión distribuye sobre los diversos grupos el bajo voltaje transformado a 380 V.

El carbón necesario se muele en un molino tipo Loesche por el procedimiento de moler y secar al mismo tiempo. Para mezclar diversas clases de carbón, se saca de dos fosos por medio de cintas transportadoras y se lleva a la cinta que alimenta el molino. Toda la alimentación está organizada según un plano técnico y recibe el impulso para el cambio de la cantidad a transportar de la diferencia de la carga en el molino. Una ba-

lanza, montada en la cinta transportadora, registra la cantidad de carbón llevada. Un separador magnético, tipo Steinert, elimina partes de hierro eventuales en el carbón crudo. La cinta de transporte lleva el carbón directamente al depósito de alimentación, situado encima del tubo de entrada central de un separador. De esta manera, el material puede entrar más fácilmente en los caminos de molienda, sin provocar apelotonamiento o formación de puentes.

La nueva instalación, para la refrigeración de los apoyos del horno, de los mecanismos y para la granulación, necesita grandes cantidades de agua. Por eso se precisaba una estación de bombeo con depósito de repuesto. Esta queda alimentada constantemente desde la red de la fábrica.

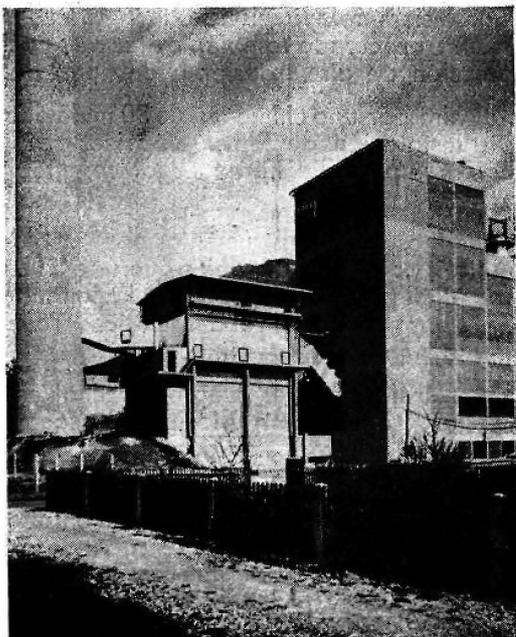
Los experimentos hechos con el horno por el Sr. Dr. Ihlefeltdt, han abierto nuevos caminos para la marcha del horno.

Se han aplicado muchas innovaciones constructivas y perfeccionamientos de experiencias propias. En resumen, se puede decir, sin exageración, que ha nacido la instalación más moderna de un horno Lepol de toda la Federación, después de haber realizado trabajos intensos y detallados sobre las innovaciones técnicas.

El proyecto y el montaje, de tiempo determinado, se han desarrollado según programa. La dirección de los trabajos de montaje y la organización de los obreros era asunto del Ingeniero Sr. Wichmann, de Kiefersfelden, y la supervisión del montaje de las instalaciones eléctricas estaba en las manos del Sr. Sedlmair.

Proveedores para la maquinaria eran:

Polysius G. m. b. H., Neubeckum;
Claudius Peters AG., Hamburg;
Lurgi Apparatebau-Gesellschaft m. b. H., Frankfurt;
Loesche K. G., Düsseldorf;
Beth AG., Lübeck;



Purificación eléctrica de los gases, sistema Lurgi.

Fredenhagen KG., Offenbach;
Herfurth & Engelke, Braunschweig;
Kühnle, Kopp & Kausch AG., Frankenthal;
Kraftanlagen AG., Heidelberg;
Gebr. Eickhoff m. b. H., Bochum;
W. Bremer, Ratingen.

Para las instalaciones eléctricas y técnicas:

Siemens-Schuckertwerke AG., Mannheim;
Emer, Stuttgart;
I. C. Eckardt AG., Stuttgart-Bad Cannstatt.

Materiales y aislantes:

Deutsche Babcock-& Wilcox-
Dampfkesselwerke AG., Oberhausen;
Steinwerke «Feuerfest» G. m. b. H., Göttingen;
Didier-Werke A. G., Wiesbaden;
Bohle & Cie., Frankfurt.

La edificación

Un observador de la obra para el horno Lepol verá que su forma no es corriente. Naturalmente, en primer plano, estos edificios deben adaptarse a las necesidades de las máquinas. Pero aparte de eso había que respetar las condiciones particulares de Kiefersfelden, de ser un lugar de veraneo, y dar a estos edificios imponentes un exterior agradable y estético. Las grandes fachadas exigían juntar los diversos elementos constructivos. Por eso podemos ver al lado de muros de hormigón visto, grandes zonas con ladrillo y grandes superficies con ventanas. Según las prescripciones, los lados hacia el pueblo de Kiefersfelden no tenían casi ninguna ventana, por razones de aislamiento del sonido para la población. La iluminación de los edificios se efectúa desde los diversos lados del patio. Para la limpieza de las ventanas situadas muy altas existe un andamio móvil, vertical y horizontalmente, para el cual se han provisto carriles fuera y dentro del edificio. Se ha prestado atención especial a la mampostería vista, hecha en bloques huecos de hormigón. Los ladrillos para esto, los había entregado la firma Lenz & Co., Munich. Se notará que fué realizado un buen trabajo en la construcción de los muros de ladrillo y que tiene un aspecto agradable. La protección del horno mediante una cubierta se hacía necesaria por razones climáticas y origina un cambio en los principios ordinarios de la construcción. Bandas verticales de cristal armado dan los efectos de luz deseados.

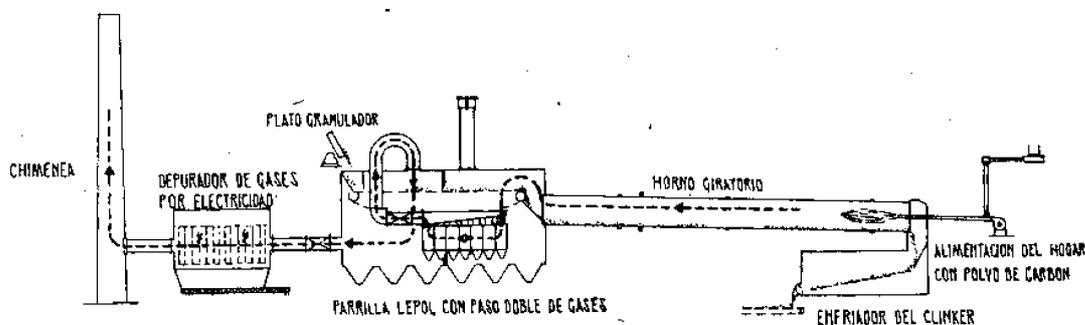
La estructura, en este caso formada en acero, como sus elementos, podía ser instalada sólo después del montaje del horno.

El horno está situado en una hondonada; de esta manera hay entre la cimentación y la planta de trabajo una diferencia de altura de 5 metros. Este espacio se ha usado para sótanos, cuyos muros sirven de cimientos en vez de muchos pilares sencillos. Así se ha creado un espacio que sirve para instalaciones de la fábrica y para el almacén de repuestos. Los apoyos para el horno giratorio estaban contruidos de manera que tuviesen, aparte de su potencia de carga para cargas verticales y horizontales del horno, una alta elasticidad que reduce fuerzas nacientes en una deformación posible del horno. Una particularidad interesante en el edificio del filtro eléctrico, es que las plataformas que corren alrededor del edificio se apoyan en construcciones colgantes. Con eso se evita que el frío se transmita a los muros de las cámaras de filtración, de hormigón armado. El aislamiento de calor que circunda las cámaras debe ser completo. Por razones

análogas, los soportes de hormigón armado que no pueden estar separados de las cámaras de gas están revestidos de placas de hormigón poroso. La temperatura de los gases de expulsión, conteniendo agua, no deben sobrepasar el punto de rocío.

La chimenea, también de hormigón armado, tiene en su interior una capa protectora de elementos semirrefractarios íntimamente unidos. El efecto de protección se aumenta aún por una pintura de Krautoxin en la parte interior de la chimenea. Mientras que en general se ha empleado para los edificios el hormigón tipo P. Z. 275, hemos usado para los apoyos del horno y para la chimenea el hormigón P. Z. 375; en los apoyos, a causa de mayor resistencia, y en la chimenea de 80 m de altura, para alcanzar una alta velocidad en la construcción. Para seguir el plan previsto había que construir 2,50 m de la chimenea diariamente.

Para la protección de las cámaras de hormigón armado del filtro eléctrico del daño que pudieran ocasionar los gases de expulsión, se ha empleado allí cemento de un alto grado de resistencia a la agresión, tipo Dur-Atherm.



La obra se ha distribuido a diversas firmas, según el objeto:

- Obra de fábrica de la parrilla Lepol.
- Obra de fábrica del horno.
- Trabajos en hormigón armado.
- Edificio del filtro y chimenea.
- Revestimiento dentro de la chimenea.
- Elementos transportadores.

Casas comerciales:

- Fa. Br. Grossmann KG., Rosenheim;
- Fa. Lenz & Co., München;
- Fa. Stahlbau Schäfer, Ludwigshafen;
- mit. Fa. Eisenwerk Wolf, Rosenheim;
- Arbeitsgemeinschaft Kunz & Co.;
- Ways & Freytag A. G., München;
- Fa. H. Kolarik, Weiden;
- Arbeitsgemeinschaft Polensky
- & Zöllner-Hochtief A. G., München.

Los cálculos estáticos, los planos para la armadura y los revestimientos fueron hechos por la firma F. Grebner, Mannheim. Agradecemos especialmente la colaboración del constructor municipal, Sr. Rimmel, y prof. Dr. Ing. O. Eiselin, Heidelberg. El Ingeniero Sr. Kloos de la fábrica de cemento en Kiefersfelden, estaba encargado de la supervisión local de la construcción.

Dentro del intervalo determinado para la construcción, entre Abril y Diciembre de 1957, las firmas antedichas acabaron los siguientes trabajos principales:

- Aprox. 160 páginas DIN A 4 de cálculos estáticos
- » 315 planos de construcción
- » 16.000 m³ de excavación
- » 6.000 m³ de hormigón y hormigón armado
- » 1.800 t de cemento
- » 500 t de acero para armaduras
- » 720 m³ de mampostería
- » 175 t de acero para construcción.

El solar tenía aproximadamente 200 x 150 m de superficie. Durante el tiempo de trabajo intenso, 180 obreros estaban ocupados. Cuatro hormigoneras, lugares donde trabajar el hierro y la madera y 3 grúas con torre giratoria abastecían la obra con los materiales necesarios. Agradecemos especialmente el trabajo de la Sociedad de Trabajo Polensky & Zöllner, cuyos ingenieros han resuelto el problema del apoyo de los edificios con un soporte cargado de 230 t.

Si la construcción entera pudo realizarse en el tiempo previsto para ello, fué por la dirección excelente de la obra, por los arquitectos, constructores y los maestros de obras, que llevaban la construcción con energía, inteligencia y buena voluntad. Pero pensamos también en los obreros que terminaban la obra a pesar de calor y frío en trabajo infatigable.

ADDON

REFRACTARIO
RESISTENTE A
ALTAS
TEMPERATURAS

GRES
DE ALTA CALIDAD.
PARA INDUSTRIAS
QUÍMICAS

TUBERIA
DE GRES.
INATAKABLE
A LOS ÁCIDOS

CUCURNY
CALLE PRINCESA, 58 Y 61
BARCELONA

REGISTRO DE MARCA