

# La calcinación de yesos en una o varias fases por el procedimiento de suspensión en un gas caliente

**J. STEINKUHL y O. WIECHMANN, Essen y K. MOLDAN, Aquisgrán**  
**Zement-Kalk-Gips, nº 8, agosto 1972, págs. 383-386**

## 1. INTRODUCCION

En la industria europea del yeso la demanda de materiales de primera calidad es actualmente, con mucho, mayor que la que pueden ofrecer las capacidades de producción existentes. Debido a esto se sugiere la construcción de nuevas instalaciones capaces de acomodarse y producir de acuerdo con las circunstancias del mercado. La fabricación de los diferentes productos acabados de yeso se ha efectuado hasta la fecha en máquinas de construcción anticuada, o por procedimientos técnicamente nuevos pero complicados en su manejo y con elevados costes.

## 2. El procedimiento de "suspensión en un gas caliente"

Hace poco tiempo que se ha podido introducir en la industria del yeso el procedimiento de suspensión en un gas caliente, técnica diferente a las hasta ahora existentes. La principal característica de este proceso es el rápido paso de calor del gas soporte (gas caliente) a la sustancia sólida en suspensión, en todas las condiciones de regulación y control de un sistema de calcinación. El rápido paso del calor hace que el sólido alcance la temperatura del gas portador, o gas caliente, en poco tiempo. Debido a la temperatura de los gases calientes, previamente elegida, y a su constante mantenimiento, se da una posibilidad de ajuste y de control del proceso de deshidratación muy superior al que ha existido hasta ahora.

La calcinación del yeso en grano fino, a través de una corriente de gas, ha sido discutida ya en otros trabajos (1) y (2).

Es interesante plantearse previamente la posibilidad de aplicar el procedimiento conocido como "del lecho fluidificado". Debido a la necesidad de realizar sólo una etapa de calcinación, el proceso tiene muy poca influencia en la deshidratación. El sistema de calcinación por gas soporte o "gas caliente" presenta claras ventajas; las distintas posibilidades de intercambio entre las diversas etapas de la calcinación posibilitan el que se desarrolle en forma controlada el proceso de deshidratación. A causa de su circuito en contracorriente, unido a un favorable rendimiento térmico, se logra una escasa diferen-

cia de temperaturas entre el gas de entrada y el producto de salida, incluso trabajando a elevadas temperaturas, tal y como se aplica en la producción de yesos calcinados a elevada temperatura.

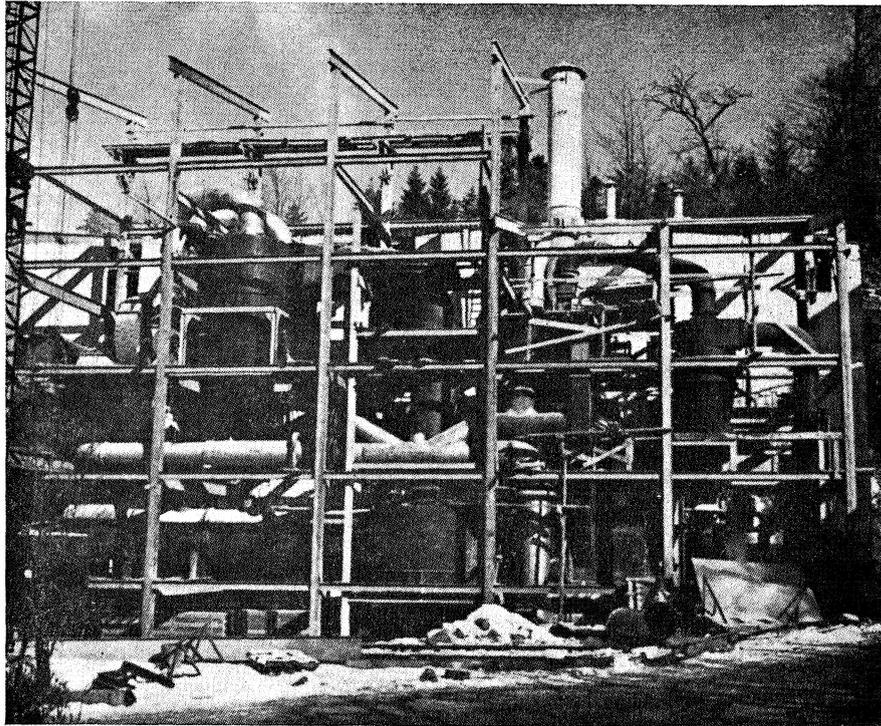


Fig. 1.—Instalación para la calcinación del yeso según el procedimiento de suspensión en un gas caliente en Kuchl, cerca de Salzburgo.

El procedimiento de “suspensión en un gas caliente” se realiza hoy en día en dos grandes instalaciones industriales (fig. 1) con una producción de 300 a 400 t/día de yeso de enlucir, el cual es fabricado mediante la incorporación de aditivos y productos de regulación al producto base obtenido en la cocción. Una razón importante para elegir este procedimiento en las instalaciones fue su extraordinaria gran capacidad de acomodación. Una instalación de suspensión en un gas caliente puede transformarse en breve plazo, sin grandes modificaciones en instalación para la fabricación de los más diversos productos partiendo de diferentes materias primas. Las instalaciones industriales realizadas hasta ahora pueden fabricar, además del yeso de enlucir, escayolas de fraguado rápido. El procedimiento es tan flexible que, variando condiciones de fabricación, tales como temperaturas, tiempo de permanencia, tamaño de grano del material de carga, etc., pueden obtenerse productos acabados con un contenido variable en las distintas fases cristalinas activas.

En una fábrica de este tipo los costos de instalación y funcionamiento son muy reducidos.

En el esquema de la figura 2 se puede observar la disposición y funcionamiento de esta instalación.

En una instalación de secado y molienda conjuntos con un molino ventilado especial 2 se muele el yeso crudo y se elimina la humedad superficial, que puede ser hasta del 8 %. Con un separador ajustable en la parte superior del molino se puede establecer el grado de molienda deseado.

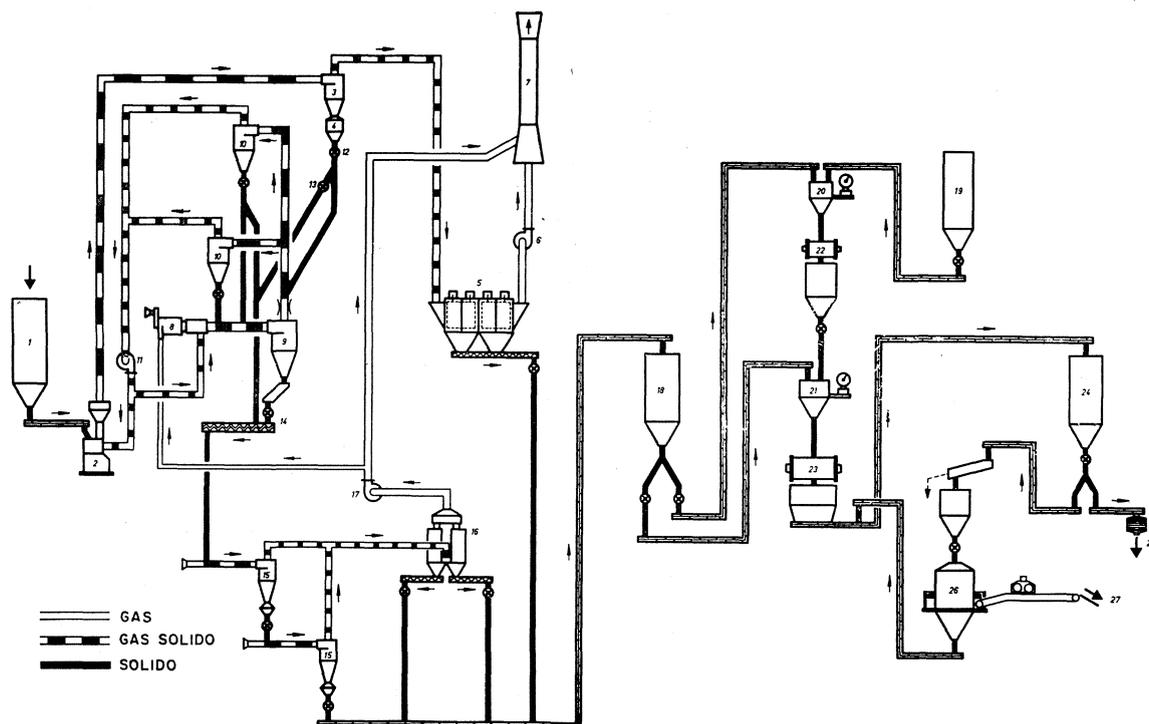


Fig. 2.—Esquema de circulación de la instalación de suspensión en gas caliente.

- |  |  |
|--|--|
| 1 Silo de alimentación.                | 15 Ciclón de enfriamiento.                         |
| 2 Molino ventilado especial.           | 16 Filtro de aire frío.                            |
| 3 Separador de ciclón.                 | 17 Ventilador de aire frío.                        |
| 4 Silo regulador.                      | 18 Silo de yeso base.                              |
| 5 Filtro de gases de escape.           | 19 Silo para el producto regulador.                |
| 6 Ventilador exhaustor.                | 20 Báscula para componentes en pequeña proporción. |
| 7 Chimenea.                            | 21 Báscula para componentes en gran proporción.    |
| 8 Generador de gases calientes.        | 22 Mezclador de componentes en pequeña proporción. |
| 9 2.ª etapa de calcinación.            | 23 Mezclador de componentes en gran proporción.    |
| 10 1.ª etapa de calcinación.           | 24 Silo de yeso preparado para enlucidos.          |
| 11 Ventilador de circulación.          | 25 equipo para carga a granel.                     |
| 12 Dispositivo de carga (dosificador). | 26 Máquina de envasado.                            |
| 13 Dispositivo de carga.               | 27 Equipo para carga en sacos.                     |
| 14 Dispositivo de mezcla.              |  |

Un ventilador 6 aspira los gases calientes de la salida de la instalación conjunta de secado-molienda y extrae el producto ya molturado del molino. El proceso de secado y molienda va delante del de calcinación.

La separación del material crudo ya molturado y seco se efectúa en un separador de ciclón 3 que lo coloca en un silo regulador 4, que sirve como silo de carga para la instalación de calcinación; mientras que las partículas más finas 1 se separan en un filtro de mangas o eléctrico conectado a continuación. Tal como lo muestra la experiencia, dichas partículas están perfectamente deshidratadas y se incorporan al proceso.

Los alimentadores de cangilones, los tubos de bajada y los órganos de transporte distribuyen el yeso previamente calentado, secado y ya en parte calcinado hasta formar hemihidrato, desde el silo de carga hasta la instalación de calcinación.

En el proceso de calcinación, a partir del sulfato de calcio dihidrato, se origina, a una temperatura de 110°C, hemihidrato. A unos 200°C, anhídrita III. Entre 300° y 800°C se forman las diferentes modificaciones de la anhídrita II; principalmente el dihidrato se transforma en anhídrita II, difícilmente soluble, alrededor de los 400°C. Estos procesos de transformación se realizan en la instalación de suspensión en gas caliente, que consta de un generador de gases 8, y de las etapas de calcinación, que están conectadas sucesivamente 9 y 10.

Para producir los gases calientes con la temperatura que se desee, de acuerdo con la calidad del producto calcinado, se pueden emplear como combustibles gas o fuel. Por medidas continuas de la temperatura en la instalación, o bien de la de los gases calientes, se regula automáticamente el combustible del quemador. El aire que se necesita para la combustión y calcinación se transporta, también controlado, a la cámara de calcinación, garantizando así una atmósfera sin hollín.

Después de la instalación de calcinación debe existir una cantidad de gases de escape lo más reducida posible, como también una temperatura de los mismos lo más baja posible con una velocidad constante a través de la instalación. Para ello, parte de esos gases de escape se les hace retornar a partir del ventilador de circulación, mezclándolos con los gases calientes.

Del generador de gases calientes, éstos llegan a la etapa de calcinación II 9. Desde ésta la corriente de gases se divide e impulsa homogéneamente a los dos ciclones conectados en paralelo 10 de la etapa de cocción I. Nuevamente los gases se conducen con el ventilador de circulación 11; en parte, para combinarse con los gases calientes del generador y, en parte, se impulsan a la instalación de secado y molienda conjuntas. La carga de material en el proceso de calcinación se efectúa mediante un dispositivo dosificador 12.

La temperatura de los gases calientes que se conducen a las etapas de calcinación como fuente de calor y como soporte de material se puede ajustar con una aproximación de  $\pm 5^\circ\text{C}$ , tanto en cuanto se relaciona con la calidad de material crudo a calcinar como con el tipo de yeso a obtener. En los primeros ciclones 10 se elimina el agua de cristalización al dihidrato. Con la acción separadora de los ciclones se precipita el sólido de la corriente de gases. Valiéndose de tubos descendentes, el material parcialmente deshidratado se transporta a la segunda etapa de calcinación que se encuentra debajo 9 y se calcina a temperaturas más elevadas formando el material acabado que se desea, el cual se separa para su enfriamiento. En la instalación de enfriamiento del yeso la temperatura del material calcinado, que en el caso del yeso para enlucidos se halla comprendida entre 300° y 500°C, puede reducirse tanto, que es posible llevar el material, a través del depósito de material acabado, a una instalación de mezcla y envasado para su manejo inmediato. La temperatura del material calcinado debe reducirse después de la instalación de enfriamiento hasta por debajo de 80°C. Al mismo tiempo, durante el enfriamiento se debe efectuar un rápido envejecimiento del material, es decir, una rehidratación de la anhídrita III hasta convertirla en hemihidrato, para que el material ya fabricado no sea alterable.

El sistema de arrastre con gases prevé además mezclar el material calcinado y el yeso dihidrato seco, calentado previamente en forma intensa. De esta manera el dihidrato se transforma en hemihidrato, con una refrigeración simultánea del producto calcinado pro-

cedente de la instalación de gases calientes. El agua de cristalización que se libera en la deshidratación mencionada se combina con la anhídrita III, transformándola en hemihidrato. Otro enfriamiento se realiza por medio de dos ciclones conectados en contracorriente.

Un filtro conectado a continuación de los ciclones de enfriamiento tiene por objeto purificar a fondo el aire de dichos ciclones, el cual puede aprovecharse como aire secundario, retornándolo al generador de gases calientes. Esto se efectúa con un ventilador. El aire residual se elimina a través de una chimenea.

El yeso fabricado y tratado en la instalación de enfriamiento se lleva por medio de tubos descendentes a un transportador, que puede recibir además el polvo del filtro y conducirlo a un silo de yeso base.

En el caso de que se produzca yeso para enlucidos por el procedimiento de suspensión en gases calientes, el yeso base se manipula en la instalación de mezclado adjunta, junto con aditivos y productos de regulación, homogeneizándolos en unas básculas mezcladoras. Si fuera necesario, el yeso para enlucidos puede transportarse a un silo para su transporte a granel, o bien a una ensacadora y expedición por camiones.

### **3. Influencias de la nueva técnica de calcinación sobre el producto final**

Al plantearse al constructor el problema de dimensionar y llevar a cabo una gran instalación industrial para la calcinación de yeso por el procedimiento de suspensión en gases calientes, hubo que confirmar previamente ciertas teorías de este procedimiento mediante ensayos de laboratorio y en plantas piloto. Esto se efectuó, en gran parte, en una instalación semiindustrial.

Partiendo de la experiencia adquirida en los procesos de calcinación de minerales carbonatados con la técnica del "gas caliente" se pensó en la posibilidad de aplicar este procedimiento a los yesos, comprobando, por una parte, si la deshidratación del yeso crudo produce un yeso utilizable y, por otra parte, investigando valores de dimensionamiento próximos a la práctica, con respecto a la carga de gas con yeso; asimismo se estudiaron las variaciones en el flujo del yeso en distintas gamas de temperaturas posibles de calcinación y temperaturas de transformación. Los ensayos en yesos de baja calcinación, que constan principalmente de hemihidrato y anhídrita III, transcurren, en gran parte, sin complicaciones. Sin embargo, no existían experiencias con yesos de alta cocción, los cuales se transforman en yesos de enlucido con mezclas de cantidades muy pequeñas de aditivos, y de productos de regulación.

Estos deberían conservar una determinada estructura, en un único proceso de calcinación, con el fin de garantizar un comportamiento de fraguado definido.

Sólo partiendo de ensayos de laboratorio se conoció la influencia de la presión parcial del vapor de agua sobre el proceso de calcinación, pues el yeso crudo no se había calcinado todavía para transformarlo en yesos de varias fases a temperaturas de este tipo en procedimientos industriales similares. En el procedimiento de suspensión en gases calientes todo el proceso de transformación tiene lugar en unos pocos segundos, mientras que en un horno rotatorio, por ejemplo, se requieren tiempos comprendidos entre 15 y 45 minutos. Por ello, se tuvieron que averiguar las temperaturas de disociación para cada una de las fases de transformación (fig. 3) y determinarse la influencia de una presión parcial del vapor de agua más o menos elevada en los gases.

La distribución de los tamaños de grano del material de carga tiene una influencia esencial sobre el proceso de calcinación y, por tanto, sobre las fases obtenidas en el producto final. Como en el procedimiento de suspensión en gases calientes el yeso crudo se muele antes del proceso de calcinación, se atribuye una gran importancia a la posibilidad de ajuste del molino ventilado.

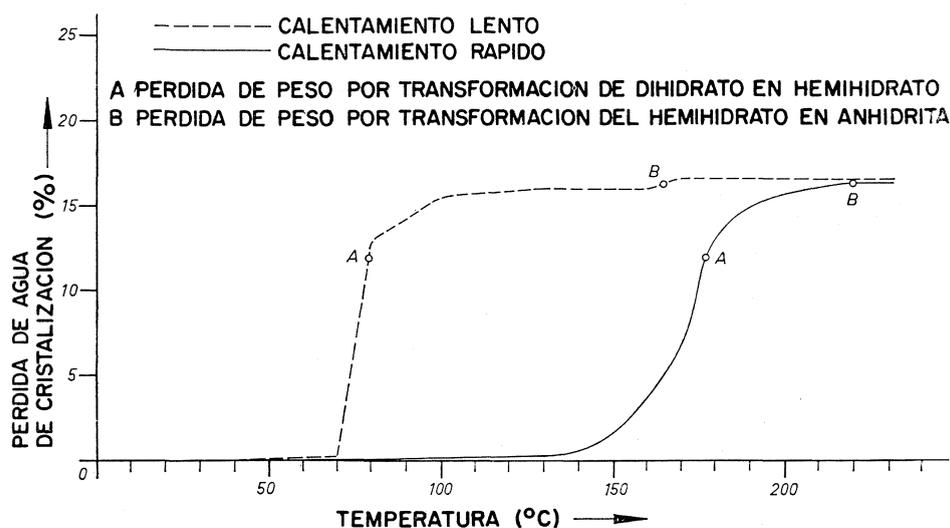


Fig. 3.—Curvas de deshidratación para el yeso crudo natural con un contenido de agua de cristalización de un 17 % aproximadamente.

En un análisis sobre la descomposición térmica del yeso (3) se comprobó la influencia de la temperatura y del tiempo de calcinación sobre la deshidratación superficial de las partículas de yeso. Sin embargo, estos análisis se efectuaron en yesos con tamaños de grano muy elevados, tal como son necesarios en el caso del procedimiento en suspensión en gases calientes. Las experiencias realizadas hasta ahora con los tamaños de grano finos muestran la influencia del tamaño de grano sobre la composición de fases del producto final, de acuerdo con la figura 4.

Como complemento, la figura 5 da ideas sobre la composición de fases del yeso de enlucidos, al calcinarse, partiendo de un yeso crudo con 15 % de contenido de material inerte, a una temperatura de 500°C, y que consta de anhídrita II y de la correspondiente parte inerte. Este se mezcló con diferentes cantidades de yeso crudo seco con el fin de enfriarlo.

Con la puesta en marcha eficaz de dos grandes instalaciones industriales según el procedimiento de suspensión en gases calientes, esta nueva tecnología se ha introducido en la industria del yeso. Con este procedimiento se ha conseguido poner a disposición del fabricante una instalación que funciona de forma continua y cuya simplicidad de manejo, robustez en el funcionamiento y capacidad de adaptación a las propiedades del producto terminado satisfacen las exigencias más extremas de rentabilidad, en el sentido de costes de inversión, funcionamiento y mantenimiento.

El consumo de calor es de unas 220 kcal/kg de yeso de enlucidos como yeso base para el yeso con incorporación de adiciones y reguladores. El consumo de energía eléctrica es relativamente bajo y alcanza sólo el 50 % de las instalaciones convencionales.

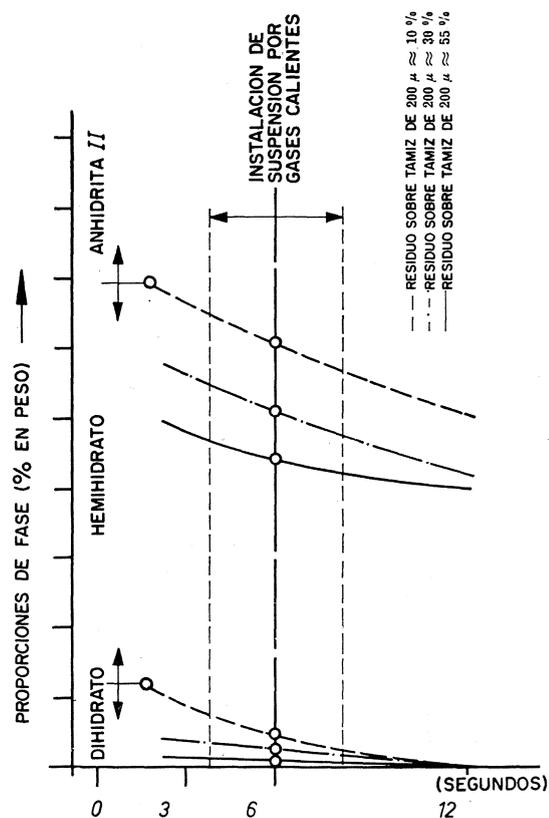


Fig. 4.—Influencia del tiempo de permanencia y del tamaño de grano del yeso crudo sobre la composición de las fases.

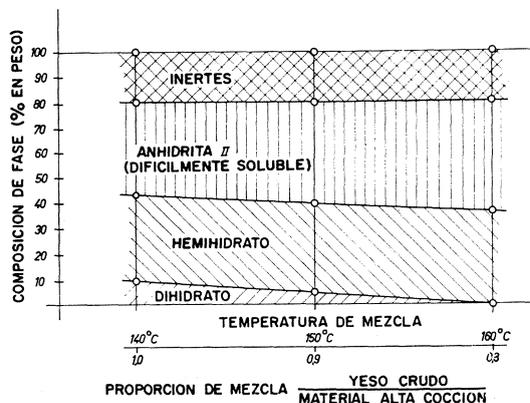


Fig. 5.—Composición de fases y temperatura de mezcla por rehidratación con enfriamiento de material de alta cocción con yeso crudo.

## RESUMEN

El nuevo sistema de calcinación del yeso en una o varias fases por el procedimiento de suspensión en gas caliente se caracteriza por una velocidad de calefacción de las partículas de yeso y el control del grado de calcinación.

En relación con los procedimientos de calcinación de yesos conocidos hasta ahora, el procedimiento de suspensión en gases calientes tiene una decisiva ventaja en la total posibilidad de aplicación para los más diferentes productos finales.

Hay que hacer resaltar la importancia que representa la posibilidad de fabricar anhidrita II, fácilmente reaccionable, que es de máximo interés en la producción de yesos de enlucidos aplicados a máquina. Ello es factible por la precisión en el ajuste de los distintos factores que intervienen en el proceso.

La gran rentabilidad del procedimiento de suspensión en gas caliente se halla fundamentalmente determinada por:

- operación continua con pocas averías;
- aplicabilidad universal a todos los tipos de yeso con mínimos tiempos de transformación;
- elevada constancia de las condiciones de funcionamiento para mantener características constantes de calidad en los productos finales;
- óptimo grado de eficacia térmica y energética mediante coordinación racional de la molienda, secado previo, eliminación de polvos, enfriamiento, transporte y retorno de calor;
- reducida mano de obra.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) EIPeltauer, E. und Stein, Chr.: Erzeugung von Gipsplastern im Wirbelbett. Zement-Kalk-Gips 16 (1963), 45.
- (2) SÖrgel, P., Bergmann, J. und Fietsch, G.: Ein neues Verfahren zur Dehydratation von Gips in der Schwebe. Silikattechnik 22 (1971), 225.
- (3) Tanaka, T. und Sugimoto, M.: Die thermische Zersetzung von Gips. Zement-Kalk-Gips 12 (1965), 636.