

Factores que afectan la calidad de la cal viva.

Mohamad Hassibi, Chemco Systems Senior Process Engineer

Versión Español: Juan Morey, Product Manager AGT MINING

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Fecha publicación: Septiembre
2002

Fecha revisión: Junio 2015

Palabras clave: Cal viva,
calcinación, lechada de cal,
apagado de cal.

RESUMEN

La piedra caliza existe en todo el mundo. La composición química de este mineral varía de país en país así como entre yacimientos en el mismo país. Por lo tanto, el producto final de cada yacimiento es distinto. Para que una caliza sea calificada como aceptable para fabricar cal viva esta debe contener al menos 50% de carbonatos.

En general, todas las calizas contienen una mezcla de minerales como CaCO_3 , MgCO_3 , CaO , Fe , Si , Al_2O_3 y otros.

Revisar el efecto de todos estos constituyentes durante la conversión de la caliza a CaO es el objetivo de este documento, sin embargo nos concentraremos en el Carbonto de Calcio, CaCO_3 .

Los siguientes factores afectan la calidad final de la cal viva.

1. CARACTERÍSTICA NATURALES DE LA CALIZA

A. Impurezas

Como fue mencionado arriba, las impurezas en la caliza afectarán la calidad final de la cal viva producida. Por lo general las calizas están compuestas por los siguientes minerales:

- Carbonato de Calcio
- Carbonato de Magnesio
- Sílice
- Alúmina
- Fierro
- Azufre y otros elementos

De los minerales mencionados arriba, solo el carbonato de calcio y carbonato de magnesio son de interés. Estos dos minerales constituyen entre el 85% al 95% de la composición total de las piedras calizas. Existen dos tipos básicos de cal producidas de estas calizas, cal calcítica y cal dolomítica.

Las calizas altas en calcio, después de calcinadas (cal calcítica), tendrán entre 90% a 95% de CaO y entre 1% a 2% de MgO. Las calizas altas en magnesio tendrán entre 60% a 65% de CaO y 35% a 40% de MgO.

La discusión y análisis de este documento estará limitada a la cal calcítica.

B. Estructura cristalina de la caliza

La estructura cristalina afecta la velocidad de calcinación, la resistencia interna de la piedra caliza, así como el tamaño resultante del cristal de CaO. Los cristales más pequeños se aglomeran durante la calcinación, formando cristales más grandes, provocando así la contracción y la reducción del volumen. Cuanto mayor sea la temperatura del horno, más aglomeración; cuanto más aglomeración, mayor es la contracción del volumen del producto final.

C. Densidad de la caliza y relación con estructura cristalina

La densidad de la caliza y la estructura cristalina están relacionadas. La forma de los cristales determina el espacio vacío entre estos y en consecuencia la densidad de la caliza. Espacios vacíos grandes permiten una mejor penetración del CO₂ durante la calcinación, pero también resulta en una reducción del volumen durante esta.

Algunas calizas, debido a su estructura cristalina, se desmoronan durante el proceso de calcinación. No es recomendable usar este tipo de calizas para producir cal viva.

Otras calizas, pueden presentar un comportamiento opuesto y se pondrán muy densas durante la calcinación y no permitirán el escape del CO₂ ya que se transforman en partículas no porosas. Este tipo de calizas tampoco son recomendables para un proceso de calcinación.

2. Proceso de calcinación

A. Temperatura del horno

La temperatura ideal para el proceso de calcinación es de alrededor de 1.000°C, sin embargo hemos encontrado que esta temperatura es por lo general mucho más alta, alrededor de 1.350°C. Por lo general determinar la temperatura correcta en el horno, es más un arte que una ciencia y esta depende del tamaño de caliza, así como también del tipo de horno y combustible usado. El operador debe experimentar para determinar la temperatura para un particular tipo y tamaño de caliza usada. En general es recomendable usar la temperatura más baja y el tiempo de residencia más corto para alcanzar una calcinación completa. Temperaturas muy altas dentro del horno generan alta compactación y en consecuencia reducción de volumen. Además ocurre recarbonatización del CaO.

B. Velocidad de aumento de temperatura dentro del horno

La velocidad de aumento de temperatura debe ser gradual y pareja. Es particularmente importante cuando se usa caliza de gran tamaño (4" a 6"), cuando se calcina esta caliza se debe mantener la porosidad, a medida que la temperatura aumenta, la capa externa de la caliza es calentada hasta la temperatura de disociación, donde el CO₂ es liberado, dejando pasajes en forma de capilares, haciendo al cal porosa. A medida que el gas escapa, la caliza se contrae en volumen hasta en un 40%. Esta compactación en volumen restringe el paso del gas desde el centro de la caliza, impidiendo que el CO₂ remanente deje la partícula de caliza. Demasiado tiempo de residencia dentro del horno combinará el CaO con el CO₂ formando CaCO₃ a temperaturas sobre 1.350°C.

Una buena granulometría para el ingreso de calizas al horno es alrededor de 1 ½" – 2". Este tamaño permitirá un rápido calentamiento, corto tiempo de residencia y un mínimo de núcleos, los que crean arenillas.

En conclusión, calizas entre 1 ½" – 2" son más recomendables para ser usadas en hornos rotatorios y permitirán un óptimo tiempo de residencia. Esta baja temperatura de operación también disminuirá el consumo de combustible. Sin embargo, tamaños de calizas mayores son necesarios para hornos verticales de un eje o varios ejes. Si el aumento de temperatura es muy rápido la capa exterior de la caliza serán calcinadas a una velocidad alta también. A medida que la temperatura aumenta, la superficie de las partículas de cal se contraerá, cerrando los poros creados por el escape del CO₂. Esto produce una tensión interna en la partícula de cal. Dado que el gas no puede escapar, la partícula de caliza explotará y se desintegrará, produciendo "finos" no deseados que resulta en una baja calidad de cal viva.

C. Tiempo de retención en el horno

El tiempo de retención depende del tamaño de caliza ingresada y también de la temperatura del horno. El tamaño de caliza es el elemento más crítico durante la calcinación. A medida que la caliza entra al horno, esta es expuesta a los gases calientes dentro del horno. La tasa (velocidad) de calor que penetra está basada en la diferencia de temperatura (ΔT) entre el los gases del horno y la caliza. Además de la diferencia de temperatura, toma un tiempo adicional al calor

penetrar la caliza. Mientras más pequeña la partícula de caliza, menor es el tiempo que necesario para penetrarla por el calor. En el caso de caliza pulverizada, este tiempo puede ser incluso menor a un minuto.

Si el tiempo de retención es muy corto, el núcleo de la caliza continuará siendo carbonato de calcio y la superficie exterior será óxido de calcio. Si el tiempo de retención es muy largo la superficie de las partículas de caliza se contraerán y los poros creados por el escape del CO_2 serán cerrados, creando una superficie impermeable. Este tipo de cal es llamada "hard burned". Esta cal no se apagará en apagadores tradicionales. Además, un mayor tiempo de retención significa menor producción y mayores costos de producción para la empresa productora de cal.

D. Concentración de CO_2 en el horno

A medida que el CO_2 es liberado desde la caliza durante la calcinación, la concentración de este dentro del horno aumenta. Para una adecuada calcinación el CO_2 debe ser liberado del horno a una tasa constante. Si no es así, la combinación de una alta concentración de CO_2 y alta temperatura de calcinación recarbonatará la cal viva producida convirtiendo el CaO en CaCO_3 . Además el CO_2 y CO reaccionarán con las impurezas de la caliza.

E. Tamaño de la caliza y tipo de horno

Dependiendo del tipo de horno usado para la calcinación, vertical u horizontal, el tamaño recomendado para la carga de caliza varía.

En hornos verticales, la caliza se mueve hacia abajo y los gases calientes fluyen hacia arriba a través de la caliza, el tamaño de las piedras deben ser lo suficientemente grandes para dejar que los gases de combustión fluyan. Estos hornos por lo general usan caliza con tamaño entre 13 a 20 [cm] (5" a 8"). Además el aumento de temperatura debe ser lento y en consecuencia el tiempo de residencia largo. Valores típicos de operación de estos hornos es de 900°C a 1000°C . En resumen los hornos verticales son eficientes en el uso del combustible pero limitados en capacidad.

En los hornos horizontales, el cuerpo del horno rota, permitiendo que la caliza caiga y sea expuesta a los gases calientes en toda su superficie. Valores típicos de la caliza para este horno son entre 4 a 5 [cm] (1 1/2" a 2"). El tamaño ideal para el proceso de calcinación es entre 1,25 a 2 [cm]. (1/2" a 3/4"). La distribución de tamaño para el proceso de calcinación es muy importante para llevar a cabo el proceso en forma correcta. Pero desde un punto de vista práctico tener esta granulometría es más caro debido a las múltiples etapas de selección. Tamaños pequeños como 0,6 [cm] (1/4") y menores con cierto porcentaje de finos disminuirán su masa dejando una menor superficie expuesta a los gases calientes. Esto resultará una superficie expuesta desigual afectando la calidad de la cal viva. La presencia de finos impide el flujo de los gases entre los espacios vacíos de la caliza, y disminuyendo la transferencia de calor, causando un proceso de calcinación no deseado. Además partículas demasiado pequeñas, menores a 0,3 [cm] (1/8") tienden a degradarse y causar finos que deben ser removidos usando colectores de polvo.

F. Tipo de combustible usado

La mayoría de los procesos de calcinación usan petróleo, carbón o gas natural como combustible. Por lo general los hornos verticales usan petróleo o gas natural mientras que los hornos horizontales usan carbón. En todo caso ambos tipos pueden usar cualquier combustible. El carbón por lo general es pulverizado en la cámara de combustión.

Ambos, petróleo y carbón contienen cierto porcentaje de azufre o compuestos de este, pudiendo variar desde 0.5% a un 3%. El azufre se combina con el CaO a la temperatura apropiada y produce sulfato de calcio o sulfito de calcio. Esto generalmente ocurre en la superficie del CaO y las convierte en superficies no porosas dificultando el posterior proceso de apagado. Adicionalmente un gran porcentaje de cenizas en el carbón resultará en acumulación de este en los refractarios del horno, interfiriendo en el flujo de caliza al horno. El horno debe ser periódicamente limpiado y enfriado. El acumulación de cenizas debe ser removido manualmente, lo que es costoso y tedioso.

El gas natural es el combustible más limpio y generalmente usado en hornos verticales. Para calcinar calizas grado “alimentación”, este el combustible elegido.

G. Precalentamiento y enfriamiento

La calcinación de calizas es un proceso que requiere mucha inyección de energía por lo que consume una considerable cantidad de combustible. La mayoría del gasto energético proviene de vaciar los gases del horno. Para mejorar la eficiencia en el uso del combustible la industria ha desarrollado los siguientes procesos:

- Los gases de salida son usados para precalentar la caliza antes de entrar al horno. Esto no solo recupera calor de los gases de salida sino que además reduce el tiempo de residencia dentro del horno, disminuyendo el tamaño de este.
- Cuando la caliza ya fue calcinada y sale del horno, lo hace a 1200°C- esto representa una gran fuente de calor, para recuperar parte de este calor, el aire de combustión es usado para enfriar la cal viva. El aire calentado es alimentado dentro del horno. Este aire calentado disminuye el consumo de combustible al recuperar el calor de la cal.
- La calcinación de la caliza es hecha en forma continua, por lo que se evita el calentamiento y enfriamiento del calcinador. Esta operación continua reduce el consumo de combustible y minimiza el desgaste de los refractarios del horno.

3. Método de almacenamiento de cal viva

Una vez la caliza es convertida a óxido de calcio, este químico es muy susceptible a la humedad. La cal viva debe ser almacenada en silos herméticos para evitar el “apagado aéreo” el cual deteriora la calidad de la cal viva.

El apagado aéreo es el proceso de conversión del CaO a Ca(OH)_2 a temperatura ambiente por la humedad presente en el aire o ambiente. Cal apagada aéreamente no es muy reactiva y posee partículas de hidróxido muy grandes. Se recomienda el fabricante la tenga el menor tiempo posible para minimizar el apagado aéreo.

El apagado aéreo toma tiempo, no es una reacción rápida. Incluso la humedad en el aire eventualmente apagará la cal viva, pero tomará días, incluso de semanas de exposición para que la reacción química se complete. En los sistemas donde la cal se mantiene en el silo por semanas o meses, el apagado aéreo tendrá un efecto considerable en la calidad del hidrato.

Sin embargo cuando el consumo de cal es alto y varios camiones son descargados cada día, el tiempo de exposición de la cal viva a la humedad afectará de gran forma la calidad de la cal que ingresará al posterior proceso de apagado.

La exposición de la cal viva a un ambiente alto en CO_2 también debe ser evitado. Este gas será absorbido por la cal y producirá el proceso de recarbonatización, generando CaCO_3 . Esta conversión se acelera a medida que aumenta la temperatura.

Ocurrirá la degradación y reducción del tamaño de las partículas debido al peso del material almacenado en los silos. Cal viva calcinada correctamente es altamente porosa y suave. Puede ser quebrada o rota presionándola con los dedos. Este tipo de cal se degradará fácilmente durante el transporte y posterior almacenamiento en el silo. A medida que las partículas de CaO se hacen más pequeñas debido al manejo, el área de estas aumenta. Esta área superficial aumentada cuando es expuesta a la humedad ambiental, aumentará el apagado aéreo, el cual reduce la calidad de la cal y posterior lechada.

4. Clasificación de tamaños

Existen muchos tipos de tamaños distintos de cal viva disponibles en el mercado. Los tamaños más comunes son:

- Cal fina, 100% pasa la malla 200.
- Cal triturada, 0 X 1/8”.
- Cal tipo “RICE”, 1/8” X 1/4”.
- Cal tipo “Pebble Lime”, 3/4” X 1/4”.

La cal fina (pulverizada) se apagará muy rápido y producirá un hidróxido muy reactivo. Debido a su tamaño de grano fino, este tipo de cal provoca un ambiente

con mucho polvo y se generará acumulación de material dentro del slaker, el cual resulta en mantención adicional. Además, debido a su fineza es más susceptible al apagado aéreo previo al ingreso al equipo de apagado.

Si se usa cal fina (pulverizada), se recomienda pulverizar la cal justo antes de ingresar al equipo de apagado, de esta manera la cal no tiene el tiempo para absorber humedad desde la atmosfera.

El tamaño ideal para el apagado de cal es de 1/8" X 1/4", siendo el siguiente mejor tamaño ideal el de 1/4" X 3/4". Estos tamaños minimizan el apagado aéreo y reducen la mantención y limpieza de los equipos.

Cal viva de mayor tamaño 1 1/2" a 2" son difíciles de apagar. Dado que una gran cantidad de vapor se generará cuando partículas grandes entren en contacto con la lechada caliente. La reacción será una mini-exploración, la cual genera acumulación de material en todo el equipo, esto resulta en mayor acumulación y mantención.

5. Método de transporte

Basado en los comentarios anteriores, es obvio que la cal viva debe ser transportada en camiones o contenedores aislados de la humedad ambiental. Por lo general, se transporta en camiones o estanques diseñados especialmente para este tipo de químico. La carga es hecha mecánicamente y la descarga es hecha neumáticamente, la velocidad de transferencia debe ser mantenida al mínimo para evitar la degradación de la cal. Por esta razón, la descarga mecánica puede ser preferida, pero requiere una alta inversión. En el caso de descarga neumática donde aire fresco es usado se deben evitar situaciones con alta humedad o lluvia.

6. Método de almacenamiento en operaciones

Por lo general, la cal viva es almacenada en super sacos o silos. Plantas industriales requieren una capacidad de almacenamiento de dos semanas de consumo. En zonas remotas y de difícil acceso se puede llegar a dos meses. Si la cal va a ser almacenada por más de dos semanas se deben tomar precauciones para prevenir el apagado aéreo.

1. Secar el aire sobre el material dentro del silo.
2. Purgar el aire con instrumentos de secado periódicamente.
3. Evitar carguío neumático en días de lluvia.
4. Almacenar la cal viva en silos pintados de color blanco en áreas donde la humedad es alta y la diferencia de temperatura entre día y noche es alta. Esto causa condensación dentro del silo y que se forma una capa en las paredes del silo cuando el solo alumbra en la tarde.

ⁱ El rango de temperatura mostrado aquí es referencial y pueden existir diferencias con la industria real.