

APLICACIONES QUIMICAS DE LA CAL

Publicación de la National Lime Association

La Cal, el Químico versátil, es uno de los materiales mas antiguos y conocidos por el hombre, por ejemplo, se utilizó en la construcción de las pirámides del antiguo Egipto. Antes del rápido desarrollo de la industria de procesos químicos, la cal era considerada casi por completo como un material útil para la construcción y la agricultura. Sin embargo, desde comienzos del siglo XX, se empezó a utilizar como reactivo químico en la industria y, a la fecha, más del 90% de la cal que se vende es usada en forma de óxido o hidróxido.

Por todo lo anterior es que a la cal actualmente se le conoce más como un químico básico o como químico industrial y no como material de construcción, aunque a la fecha se sigue empleando en las mezclas para construcción de muros, aplanados y fachadas. En agricultura se usa para contrarrestar la acidez de las tierras y es usada extensamente para la estabilización de los suelos de las carreteras de alta velocidad y en la construcción de aeropuertos.

El desarrollo de la Cal como químico, puede atribuirse a tres factores:

- 1.- Extensa producción
- 2.- Bajo costo
- 3.- Abasto abundante

La versatilidad de la cal como químico se hace ostensible si se considera que cada producto industrial consumido, en muchas ocasiones, ha sido manufacturado gracias a la cal, ya sea directa o indirectamente. Este vasto número de usos que posee la cal se ha convertido en leyenda. Los procesos químicos e industriales necesitan cal para purificar metales (como fundente), para neutralización, caustización, coagulación, precipitación, hidrólisis, deshidratación, proceso de alta temperatura, reacciones exotérmicas, disolución, absorción de gases y saponificación.

En cuanto a embarques y consumo, el tonelaje de la cal llega a un cuarto lugar en la lista de los químicos industriales más usados. El total de toneladas consumidas en Estados Unidos, en embarques y consumo es de 13 y 19 millones de toneladas al año, respectivamente. Este tonelaje es exclusivo para el consumo de cl regenerada, principalmente en plantas de pulpa sulfatada, y en un grado menor, en las plantas de tratamiento de aguas, en las que el lodo con carbonato de calcio es deshidratado y se vuelve a calcinar en hornos para ser usado nuevamente como cal "estucada". Esto agregaría unas 6.5 millones de toneladas llegando entonces el consumo en su totalidad a 21 millones de toneladas al año.

En las siguientes páginas se describen brevemente muchos de los usos de la cal. Se presenta también una sección técnica, donde se pueden encontrar los datos fundamentales pertinentes a las características físicas y químicas de la cal.

Deseamos que esta compilación y los datos presentados proporcionen a los ingenieros químicos y a los ingenieros de química ecológica un conocimiento más completo de las variadas aplicaciones de la cal química y sus muchas propiedades.

CAPITULO 1

USOS QUÍMICOS DE LA CAL

METALÚRGICOS

Industria del acero

En el campo metalúrgico la cal “viva” usualmente en forma de lascas, encuentra sus usos más extensos como fundente en la purificación del acero y en la oxigenación básica de hornos (BOF), tanto en los de corazón abierto como en los hornos eléctricos, por lo que es empleada exclusivamente como un fundente en la oxigenación básica y también usualmente en los hornos eléctricos, en lugar de la piedra caliza.

Para la manufactura del acero mediante la oxigenación básica, el factor cal por tonelada de acero en lingote promedia 180Lbs/ton. en hornos eléctricos.

La cal es particularmente efectiva para remover el fósforo, azufre, sílice y, en menor proporción, manganeso. Generalmente, como el contenido de fósforo del mineral de hierro aumenta, el consumo de cal viva para extraer el fósforo como fosfato de calcio de la escoria, también se incrementa en forma proporcional.

El BOF ha ido sustituyendo paulatinamente a los hornos de corazón abierto y hoy por hoy es la principal fuente de acero. A finales de los 70's, cuando la industria acerera trabajaba a altos niveles, cerca del 45% de la producción total de cal se usó en dicha industria.

Si bien es cierto que las plantas acereras funden con cal viva en lasca, de alto contenido en calcio, la mayoría de las plantas que usan oxigenación básica sustituyen o agregan de 10 a 30% de cal dolomítica (con alto contenido de magnesio) por una carga de alto contenido de calcio, porque la experiencia ha demostrado que con ello se incrementa la duración del revestimiento refractario de los hornos. Los procesos QBOP y AOD requieren cal viva pulverizada. La mayoría de las plantas que desulfuran externamente el metal caliente en carros torpedo o cucharones, después del horno de cuba y antes de cargar el BOF, también requieren cal viva o carburo de calcio obtenido de cal y metal de magnesio para desechar el azufre.

Hay un cierto uso y un nuevo potencial de aplicación tanto para la cal viva, como para la cal hidratada, en la producción de bolos auto fundentes de mineral de hierro concentrados. La cal es pre-mezclada con la carga de bolos antes de procesarlos en línea.

Producción de Acero

La cal tiene un sinnúmero de aplicaciones en la manufactura de productos de acero. Usualmente se usa para el alambre estirado, actuando como lubricante cuando las varillas de acero son estiradas por medio de dados en la fundición de lingotes y escorias de altos hornos, donde un revestimiento en calado sobre los moldes previene adherencias. También es empleada en neutralización de ácido sulfúrico basado en licores de desecho, en los que las sales de hierro también son precipitadas para prevenir la contaminación de aguas.

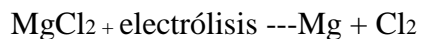
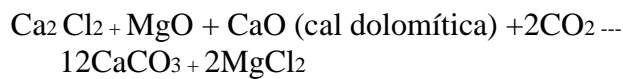
Después de un lavado con ácido, los productos de acero frecuentemente son sometidos a un baño de cal para neutralizar los últimos rastros de ácido adherido al metal.

Adicionalmente, la cal hidratada tiene un uso, si bien limitado, en dar una protección temporal a la corrosión, en forma de revestimiento encalado para productos de acero; para neutralizar el ácido sulfúrico en las plantas embotelladoras de refrescos, facilitando la recuperación de bencol y amoníaco.

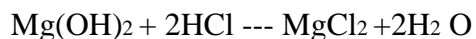
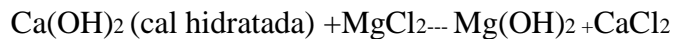
Fabricación de Magnesio

La cal, en cualquiera de sus formas, se usa en la mayoría de los procesos para la fabricación de magnesio. Su uso en los principales procesos está químicamente establecido como sigue:

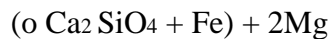
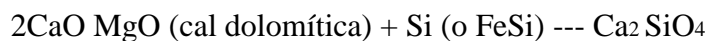
Método Dow partiendo de sales naturales:



Proceso de agua de mar de Dow:



Proceso Ferro-Silicoso (Pidgeon)



Fabricación de Alúmina

La cal viva es usada en cantidades diversas para quitar la sílice del mineral de bauxite, y para la caustización en manufactura de alúmina. La extensión de su uso depende principalmente de la calidad de la bauxita empleada. A mayor pureza de los minerales, se requiere menos cal y mas piedra caliza (proceso de Sinter), en tanto que los minerales altos en impurezas necesitan más cal (proceso Bayer). Como sea, en cada proceso siempre es usado algo de cal para la desilificación.

Flotado de metales

Ambas cales son muy usadas en la flotación, o para la recuperación de muchos metales no-ferrosos, en especial la flotación de minerales de cobre, donde la cal actúa como

sedimentador (aditivo asentador), manteniendo una apropiada alcalinidad. En la recuperación del mercurio proveniente de la mezcla con sulfuro de zinc natural cristalizado, la cal es usada para remover el sulfuro de zinc, níquel y metales antifriccionantes de mineral de plomo, la cal también encuentra cierto uso. Así también, frecuentemente es usada como un agente conservador para ayudar a la recuperación de los xanatos y para el control del Ph.

Fundición de Metales No – Ferrosos

En la fundición y refinamiento del cobre , zinc, plomo y otros minerales no – ferrosos, los vapores nocivos del gas del SO₂ pueden ser neutralizados pasando dichos gases a través de una lechada de cal en un lavador, para separar el aire contaminado y la corrosión del equipo de la planta.

Después del fundido del níquel, este se precipita en una solución de lechada a alta temperatura. En el refinamiento electrónico del cobre, las hojas del cátodo son sumergidas en el agua de cal para reducir el cloruro de zinc de la destilación galvanizada, recuperando hidróxido de zinc en el proceso. Por otra parte, considerables cantidades de cal viva se emplean también como fundentes en la manufactura de bajo carbono y ferrocromos.

Asimismo, la cal es muy usada en Sud Africa en beneficio del uranio proveniente de gangas de oro desechables En E.U.A. y Canadá, la cal se emplea en aquellos molinos para beneficio del uranio que operan con sistemas de ácido filtrado, para la neutralización del desperdicio del flujo acidificador antes de desecharlo.

PULPA Y PAPEL

Proceso al Sulfato

Por mucho, la mayor aplicación de la cal en la fabricación de papel es como agente caustificante en las plantas de papel kraf al sulfato. En ellas, el desperdicio o desecho de la solución de carbonato de sodio es recuperada y reactivada con cal alta en calcio, para generar sosa cáustica para ser usada en el proceso ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH}$). La mayoría de las plantas que emplean el sulfato, recuperan del 90 al 98 % de la cal, deshidratando el desperdicio del lodo de carbonato de calcio resultante de una reacción caustificadora, y luego calcinándolo en hornos rotatorios. Un proceso en el horno, seca y forma fracciones compactadas del sedimento fangoso antes de calcinarse. La cal “renovada” es comprada “fresca” de las plantas comerciales de cal.

Proceso al Sulfito

En las plantas al sulfito se puede usar cal en la preparación de sulfito de calcio, un licor ácido de cocción, el cual se usa para digerir o disolver los constituyentes no-celulósicos de las astillas de madera (papel o pulpa). En este proceso, la cal reacciona con el bióxido de azufre para producir el licor de bisulfito. Este proceso casi está en desuso debido a los problemas de contaminación.

Blanqueado

En todos los procesos para la fabricación de pulpa, incluyendo el proceso con sosa, la cal es empleada en la preparación de un licor blanqueador de hipoclorito de calcio, mediante la reacción de la cal con el cloro. El hipoclorito de calcio que es el blanqueador más antiguo conocido y el más barato, es muy usado para blanquear la pulpa al grado de blancura que se desee.

Carbonato de calcio precipitado

Con la reciente tendencia de la industria del papel de usar procesos alcalinos en lugar de procesos ácidos, el carbonato de calcio precipitado (CCP), esta siendo empleado cada vez más como agente saturador para aumentar la calidad del papel revestido y sin revestir. El CCP se hace agregando agua a la cal viva de alto contenido de calcio, y haciendo reaccionar la lechada mediante la aplicación de dióxido de carbono soplado. La tendencia es producir CCP en forma de lechada en plantas satélites localizadas cerca de los molinos de papel, usando cal viva comercial. El CCP también es usado para regular la brillantez, el color, y la tersura del papel. (ver más adelante otros usos del CCP)

Manufactura de Cartón de Paja

Las principales materias primas para la fabricación de cartón de paja o cartón acartonado son la paja y la cal. La paja es cocida en vapor con una lechada de cal en grandes digestores rotatorios, donde la cal actúa para disolver los componentes no-celulósicos de la paja, y ayuda a la desintegración de las fibras de paja.

Otras aplicaciones

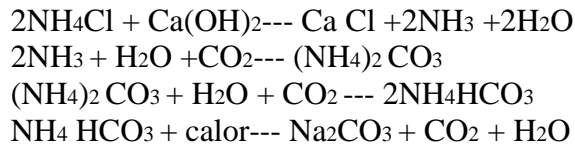
La cal tiene aplicaciones en el tratamiento de desperdicios de pulpa y papel molido como un coagulante para remover el color; acondicionador para filtrado, y en menor escala, como agente neutralizante. Se usa y ofrece buenas perspectivas de empleo en la recuperación de sub-productos derivados de la pulpa de papel molido. Asimismo, está siendo usada comercialmente para la recuperación de alcohol y calcio, lignosulfonato de calcio y levadura.

PRODUCTOS QUÍMICOS

Álcalis

Además del proceso para la elaboración de sosa caústica, el proceso cal-sosa es usado principalmente en las plantas de álcalis, empleando el proceso “solvay” para manufactura del carbonato sódico se interactiva con una lechada de cal, para formar sosa caústica y carbonato de calcio precipitado, como productos colaterales.

El proceso “solvay” para la manufactura del carbonato de sodio y bicarbonato de sodio, y la cal es empleada para recuperar el amoniaco, el cual es requerido en este proceso para esos dos importantes álcalis. El proceso químico completo es el siguiente:



Carburo de Calcio y Cianamida

El carburo de calcio, la fuente más antigua de acetileno, está formado por una mezcla de cal viva y coque, calentada a una temperatura de 2,000 °C . El carburo derretido es movido constantemente del horno, y una vez modificado es quebrado y molido a la medida granulométrica deseada ($\text{CaO} + 3\text{C} \longrightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$). La cianamida de calcio que es un fertilizante de nitrógeno se hace calentando carburo de calcio con la presencia de nitrógeno ($\text{CaC}_2 + \text{N}_2 \longrightarrow \text{CaCN}_2 + \text{C}$). El gas acetileno es generado del carburo, al cual se agrega agua, produciendo un residuo de cal hidratada.

Petroquímicos

La cal es requerida en la producción de etilenglicol o propilenglicol por el proceso (Clorhidrine). El gas etileno obtenido fácilmente por las refinerías de petróleo, es clorado para formar etileno dicloruro, el cual a su vez se reactiva con la cal para producir etilenglicol.

Blanqueadores

Las formas más comunes de cloro seco son: el cloruro de cal con un contenido disponible de cloro de 25 a 30 %, y por otra parte, el hipoclorito de calcio (70% disponible de cloro) de alta prueba. Ambos tipos de productos se hacen mediante la interacción de cloro gaseoso y cal hidratada de alto contenido de calcio, a través de varios procesos diferentes. En todos ellos, la cal juega el papel de un adsorbente y un portador de cloro.

Tintas y Colorantes Intermedios

En la producción de colorantes azoados, la cal puede ser usada para proveer de un medio alcalino a los reactantes y para acelerar la velocidad de la reacción, removiendo el cloruro hidrogenizado conforme se va formando durante el proceso.

En la producción de naftol Alfa y Beta, el ácido sulfurico reacciona con la naftalina bajo calor. En este proceso, la cal es usada para neutralizar el exceso de ácido sulfúrico, removiéndolo como un sulfato de calcio. La cal sirve como un agente hidrolizador en la elaboración de benzaldehído derivado del diclorotuleno y el ácido benzoico, obtenido del triclorotuleno.

Sub-Productos de Coque

Uno de los sub-productos de las plantas de coque es el amoníaco. La eliminación de este gas de la mezcla se hace depurando la mezcla de gas con un encalado de lechada de cal, liberando así los gases de amoníaco para convertirlos en fertilizantes nitrogenados.

Otros Usos

Actualmente la cal es empleada en la fabricación de otros productos orgánicos e inorgánicos, químicos y farmacéuticos. El óxido de magnesio y el hidróxido se hacen tanto con cal dolomítica, como son calces de alto contenido de calcio, a través de un sinnúmero de diferentes procesos. La mayoría de sales orgánicas e inorgánicas de calcio son producidas mediante la reacción de varios ácidos con la cal (que es la base). Entre los más importantes de los mencionados productos inorgánicos están los fosfatos de calcio (mono, di y tri), el fluoruro, bromuro, ferrocianuro y el nitrato; asimismo, entre los orgánicos están el acetato de calcio, el estereato, oleato, tartrato, lactato, benzoato y el gluconato.

Tratamiento de Aguas de Desechos Industriales

Muchas plantas químicas grandes y pequeñas, neutralizan las mezclas ácidas de desecho con cal, para cumplir con las disposiciones de salud establecidas para evitar la contaminación de corrientes de agua o la sobrecarga de las plantas municipales de tratamiento de aguas.

USOS DE LA CAL EN EL MEDIO AMBIENTE

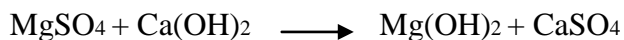
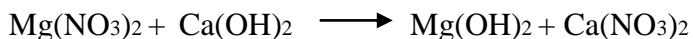
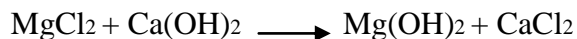
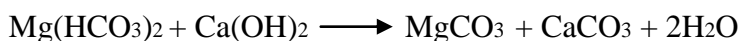
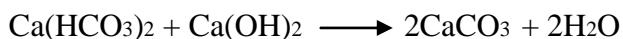
Tratamiento de Agua

Alcance

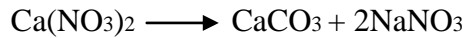
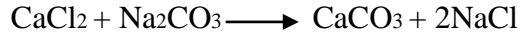
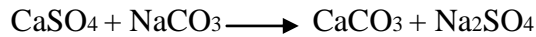
La cal es el producto químico de mayor tonelaje utilizado para el tratamiento de agua potable y aguas industriales. Es usada por muchísimos municipios e industrias para mejorar la calidad del agua, especialmente para su suavización.

Suavización

En la suavización del agua la función de la cal es remover temporalmente la dureza del agua (bicarbonato). Cuando sólo existe una dureza temporal se usa por sí misma. Pero donde existen las dos, temporal y permanente (sulfato), generalmente se usa la cal y ceniza de sosa. Este proceso se llama "tratamiento dividido de cal-zeolita". Las reacciones que se llevan a cabo cuando la cal es agregada a las aguas duras conteniendo calcio y magnesio son:



Las reacciones que involucran el uso de cenizas de sosa son:



Purificación

Cuando al agua se le agrega un exceso de cal, su pH se eleva a 10.5 – 11, y si se mantiene en reposo de 24 a 72 horas, es posible desinfectar el agua de algunos tipos de virus, además de reducir temporalmente la dureza del agua. Esta aplicación de la cal es útil en lugares donde existen aguas fenólicas, dado que el tratamiento de cloro tiende a producir una agua no potable debido a la presencia de fenol. Este proceso, también llamado “tratamiento de exceso de alcalinidad”, también remueve la mayoría de metales pesados.

Coagulación

La cal es usada conjuntamente con sales de hierro o aluminio para la coagulación de sólidos suspendidos incidentalmente, con el fin de remover la turbidez de las aguas duras. Esto sirve para mantener un apropiado Ph para unas condiciones más satisfactorias de coagulación, el sedimento de aluminio es tratado con cal para facilitar el grosor del sedimento sobre los filtros de presión.

Neutralización de Aguas Ácidas

La cal es usada para combatir las condiciones del “agua roja”, mediante la neutralización de ácidos en el agua y, por tanto, impidiendo una futura corrosión de conductos y tuberías de aguas ácidas. Las aguas corrosivas contienen excesivas cantidades de dióxido de carbono (ácido carbónico). La cal absorbe el CO₂ para formar un carbonato de calcio, el cual provee de una capa protectora el interior de la tubería de agua.

Remoción de Sílice

Uno de los métodos más comunes para remover sílice del agua es el empleo de cal dolomítica. El componente de magnesio de esta cal es el constituyente activo en la remoción de sílice.

Remoción de Otras Impurezas

La cal es usada para remover manganeso, fluoruros y, en menor escala el hierro, procedente de los suministros de agua. A menudo, es requerido el soporte de sustancias químicas, y tratándose de ablandamiento, también remueve taninos orgánicos del agua.

Tratamiento de Aguas de Deshecho

En las plantas de tratamiento biológico de aguas de deshecho, usualmente se añade cal comercial al digestor, para mantener el apropiado Ph para una eficiente oxidación biológica

de las aguas de deshecho, En las plantas más avanzadas que utilizan un proceso combinado químico-biológico, la precipitación de la cal en la corriente de aguas negras es utilizada en un proceso terciario en el que el fósforo es precipitado como un complejo de fosfato de calcio, junto con otros sólidos suspendidos y disueltos. Frecuentemente una precipitación suplementaria de la cal es activada por un tratamiento de carbón, para la clarificación final del efluente y mayor seguridad al descargar en las corrientes. Debido al alto Ph de 10.5 a 11.0 mantenido por la cal, se facilita la separación del nitrógeno, que es otro nutriente de la planta. Por tanto, la remoción de fósforo y nitrógeno previene el crecimiento de algas , y el estancamiento de la superficie de las aguas.

Aún cuando el cloruro férrico y el aluminio son empleados para la coagulación, la cal es usualmente necesaria para contrarrestar el bajo pH inducido por las sales ácidas, y para proveer la necesaria alcalinidad que facilite la remoción del nitrógeno.

La cal sola, o en combinación con otros coagulantes, es usada en algunos tratamientos puramente químico –físicos en ciertas plantas que no emplean tratamientos biológicos. La cal ha demostrado ampliamente sus características higiénicas en la estabilización de lodos de aguas de deshecho, donde el lodo es removido mediante vacío o filtrado a presión, la cal y el cloruro férrico son usados como filtros auxiliares en el acondicionamiento del lodo, y para la clarificación final del efluente.

Estabilización del Lodo de Aguas Negras

Una nueva aplicación para la cal se refiere a la estabilización con cal del lodo de aguas de desecho , donde es añadida suficiente cal al lodo para mantener el pH a 12.4 por un mínimo registro de reducción de 2.4 para el indicador de estreptococos fecales, y reducir el mal olor producido por las bacterias.

Si se agrega cal a un promedio de dosificación de 500lb. por tonelada de sólidos secos, debe agregarse cerca de 4% del total del peso de un 20 % de la torta de lodos. La estabilización con cal de una torta de lodos decantada es n costo más efectivo que una digestión anaeróbica o la incineración. Asimismo, cumple con los criterios gubernamentales del tratamiento PSRP (Proceso Para Reducir Patógenos Sustancialmente), donde el desperdicio de aguas de desecho puede ser regado sobre tierras de cultivo como un acondicionador de suelos.

Debido a la presión de todo tipo para reducir la contaminación, el tratamiento de aguas de desecho representa un creciente mercado para la cal.

Comercialización de Desechos Industriales

Tanto la cal viva, como la cal hidratada, son usadas o tienen un gran potencial de aplicación en el tratamiento de muchos y diversos desechos industriales para abatir la contaminación.

