MÉTODOS Y SISTEMAS PARA PRODUCIR PENTÓXIDO DE FÓSFORO Y SISTEMA CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AUMENTADA DE AGLOMERADO

REFERENCIA CRUZADA A LASSOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad bajo 35 U.S.C. § 119 para la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos No. 62/056,254, presentada el 26 de septiembre de 2014 y titulada "Proceso para la Producción de Pentóxido de Fósforo" y para la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos No. 62/085,778, presentada el 1 de diciembre de 2014 y titulada "Proceso para la Producción y Purificación de Pentóxido de Fósforo", cada una de las cuales se incorpora en la presente como referencia.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La figura 1 muestra el diagrama de flujo de bloques descrito en la Patente de Estados Unidos No. 7,378,070, titulada "Método para la Producción de Pentóxido de Fósforo", emitida a Joseph A. Megy (después referida como, "Patente Megy"), y que describe el Proceso Duro Mejorado (IHP). La Figura 1 también se describe en la Patente de Estados Unidos No. 7,910,080, con el mismo título, inventor, y descripción del IHP. Ambas patentes se incorporan en la presente como por

referencia.

Inicialmente, se esperaba que varios procesos y equipos conocidos fueran adecuados para uso en la implementación del IHP más allá de la escala de laboratorio y piloto a la escala de planta de demostración. Sin embargo, algunos de los procesos y/o equipos conocidos revelaron limitaciones de producción no deseados sobre el IHP que no se observaron anteriormente en otros contextos. En consecuencia, adicionalmente se garantizó que la investigación y desarrollo reducen las limitaciones de producción y logran, y posiblemente superan, una eficiencia de producción en las operaciones ampliadas que se observó en el laboratorio y planta piloto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Algunas modalidades se describen a continuación con referencia a las siguientes figuras acompañantes.

La FIG. 1 muestra un diagrama de flujo del Proceso Duro Mejorado de la Patente de Estados Unidos No. 7,378,070.

La FIG. 2 muestra un diagrama de flujo de un horno rotatorio de induración y reducción con almacenamiento de producto intermedio.

La FIG. 3 muestra un diagrama de flujo del sistema de rejilla móvil (secador/precalentador), hornos de

induración y reducción con recuperación de calor.

La FIG. 4 muestra un diagrama de flujo de la induración de rejilla recta seguida por horno de reducción sin almacenamiento intermedio.

La FIG. 5 muestra un diagrama de flujo de la induración de rejilla recta seguida por horno de reducción con almacenamiento intermedio.

La FIG. 6 muestra un diagrama de flujo de la recuperación de calor usando recirculación de producto agregado.

La FIG. 7 muestra un diagrama de flujo del postquemador de depurador de post producto ácido.

La FIG. 8 muestra un diagrama de flujo de la cámara de combustión de depurador de pre producto ácido.

La FIG. 9 muestra un diagrama de flujo de la recuperación de calor con planta de cogeneración.

La FIG. 10 muestra un diagrama de flujo de la recuperación de calor integrada y sistema de horno de rejilla.

La Fig. 11 muestra un diagrama de resistencia de tres tipos de gránulos indurados durante un rango de temperaturas durante 30 minutos cada uno, que muestra el fortalecimiento significativo a 1000-1100°C. Los gránulos de $CaCO_3$ se procesaron para dilucidar el mecanismo de

fortalecimiento.

La FIG. 12 muestra un diagrama de aumentos de densidad de gránulos indurados a 1000-1100°C correspondientes a aumentos de la resistencia de los gránulos. La densidad de $CaCO_3$ no aumenta a 1100°C.

La FIG. 13 muestra un diagrama del peso perdido de gránulos de mineral con el aumento de la temperatura de cocción.

La FIG. 14 muestra un diagrama del volumen perdido de gránulos de mineral a 1000 y 1100°C, pero el $CaCO_3$ no, consistente con los cambios de densidad.

La FIG. 15 muestra un diagrama de la resistencia a la compresión versus el tiempo de corrida de induración.

La FIG. 16 muestra un diagrama del porcentaje de polvo generado después de la prueba de tambor versus el tiempo de corrida de induración (horas)).

La Fig. 17 muestra un diagrama de resistencia a la compresión versus la temperatura de induración para composiciones poliméricas orgánicas variadas.

La FIG. 18 muestra un diagrama de resistencia a la compresión versus la temperatura de induración con tiempo de induración y tamaño de molienda de constituyente de aglomerado como parámetros.

La Fig. 19 muestra un diagrama de resistencia a la

compresión versus la temperatura para 5% en peso de adición de silicato de sodio.

La Fig. 20 muestra un diagrama del rendimiento de P_2O_5 versus el tiempo a 1200°C para dos diferentes tamaños de molienda.

La Fig. 21 muestra un diagrama del rendimiento de P_2O_5 versus el tiempo a temperatura y tamaño de molienda de constituyentes de aglomerado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Los métodos y sistemas de producción de pentóxido de fósforo descritos en la presente reducen significativamente el polvo formado en el Proceso Duro Mejorado (IHP). La ampliación del IHP exhibió la formación de polvo significativa en el horno usado para la reducción carbotérmica del mineral de fósforo. Los métodos incluyen procesos para modificar los aglomerados de alimentación para reducir la formación de polvo en el horno de reducción y para remover el polvo cuando se forma en el proceso. Los métodos también incluyen procesos para remover los contaminantes de mineral que producen un producto de ácido fosfórico de mayor calidad.

"La formación de polvo" en el horno (por este medio designado como el horno de reducción) en la Figura 1,

no se observó como un problema en la escala piloto como se describe en la Patente Megy. El polvo tiene cuatro principales efectos perjudiciales: 1) el polvo en el horno de reducción se transporta al margen libre del horno de reducción y puede reaccionar de nuevo con el P_4O_{10}/P_2O_5 para formar metafosfato de calcio que resulta en una pérdida de rendimiento; 2) el metafosfato de calcio se deposita en las superficies del horno y conducto; 3) el polvo puede consistir de constituyentes de materiales de alimentación crudos individuales susceptibles a fusión de menor temperatura; y 4) el polvo se puede transportar al Depurador de Producto (Figura 1), que se puede volver inoperable, además el polvo puede reaccionar con el Producto Ácido reduciendo el rendimiento total. Se observó a la escala de planta de demostración, donde el diámetro interno del horno de reducción fue de 6 pies (1.82 m) y la longitud fue de 94 pies (28.6 m), que la formación de polvo fue causada por el degaste y rotura del aglomerado (bolas, gránulos, etc.). Los aglomerados producidos por el proceso mostrado en la Figura 1 (mostrada como FORMACIÓN DE BOLAS) se produjeron a través de un tambor de formación de bolas y exhibieron resistencias a la compresión de aglomerado de 25 lbf o menos (libras (fuerza); 111 Newtons (N)) (véase Ejemplo 1).

La observación de que los aglomerados intactos que

salieron del horno de reducción exhibieron resistencia a la compresión que superó 50 lbf (222 N) condujo a los métodos y sistemas en la presente. Las pruebas de laboratorio mostraron que los aglomerados endurecidos exhibieron bajo desgaste y rotura en las pruebas de tambor. Los estudios de laboratorio adicionales se iniciaron para entender el fenómeno de endurecimiento. Se descubrió que el endurecimiento de los aglomerados ocurrió en un rango de temperatura estrecho de aproximadamente 930 a 1125°C, que está por debajo de la temperatura de reducción carbotérmica del mineral de fósforo de 1180°C.

La ingeniería de proceso descrita en los métodos y sistemas en la presente es el medio práctico para lograr aglomerados endurecidos con resistencia a la compresión por encima de 25 lb_f (111 N) si se calienta a temperaturas por encima de 900°C, tal como por encima de 930°C, por la presente referida como induración. El proceso de induración se puede correr bajo condiciones reductoras o inertes de modo que la oxidación de carbono se disminuye o minimiza. También, en los métodos y sistemas en la presente se describe el uso de aditivos de polímero para reforzar inicialmente los aglomerados antes de que se endurezcan térmicamente.

La induración de aglomerados de alimentación (incluyendo granulados) no es un proceso nuevo. En la

industria del hierro, la induración se ha practicado por más de 50 años. Los gránulos de mineral de hierro tienen una composición conocida: 63-65% de Fe (≈ 93% de Fe_2O_3), 3-5% de SiO_2, 3-5% de coque de petróleo, los constituyentes restantes son en su mayoría de CaO y MgO. Los gránulos de mineral de hierro se alimentan a un sistema de horno de rejilla de induración o una rejilla recta y se calienta con temperaturas de gas conocidas de 1000-1300°C. Los gránulos de mineral de hierro logran resistencia a la compresión arriba de 200 lb_f (890 N). Las fuentes de resistencia de los gránulos de mineral de hierro es la oxidación de óxidos de hierro ferroso a óxidos de hierro férrico que resulta en alguna unión y puenteo con la recristalización de los óxidos de hierro. El proceso de induración de mineral de hierro se realiza en un ambiente de oxidación donde se usa el coque de petróleo como combustible.

Es sorprendente que tal proceso de tratamiento térmico fortalece el aglomerado que contiene fosfato para reducir el polvo en el Proceso Duro Mejorado. Las diferencias químicas entre los gránulos de mineral de hierro y aglomerados de fosfato son sorprendentes con los aglomerados que contienen aproximadamente 56% de SiO_2, 20% de CaO, 11% de P_2O_5, 8% de coque de petróleo, 2% de arcilla 2% con 1% cada uno de MgO, Fe_2O_3 y Al_2O_3 todos en una base seca. El proceso

de induración de aglomerado que contiene fósforo se realiza bajo condiciones de reducción de modo que la oxidación de coque de petróleo se disminuye y por debajo de la temperatura de reducción carbotérmica de P_2O_5.

Un estudio inicial de la química de endurecimiento de aglomerado que contiene fósforo se investigó mediante análisis de difracción en rayos X (XRD) y microscopía electrónica de barrido (SEM). El examen de muestras de aglomerado después del tratamiento térmico a 500, 800, 950, 1025, y 1100°C produjo las siguientes observaciones:

1. Se identificó dolomita en la muestra de 500°C, pero no estuvo presente en muestras por encima de 800°C.

2. El puenteo es mayormente entre las partículas de sílice y pegamento amorfo (descrito en 3 a continuación) sin pegado a partículas de carbono o fluoroapatita.

3. El material de puenteo es material amorfo de Silicato de Calcio (magnesio) con una cantidad sorprendente grande de fosfato contenida.

4. Algunas partículas de Calcita se encontraron en la muestra de 500°C, pero parece que la mayoría de la Calcita está dentro de las partículas de fluoroapatita. Las partículas de fluoroapatita desarrollan porosidad a 1000°C donde se espera que la Calcita se descomponga.

5. La química de endurecimiento requiere

aproximadamente 930°C para formar los puentes de reforzamiento. Tenga en cuenta que esto es sólo por encima de la temperatura de descomposición de la Calcita conocida.

6. Los puentes claramente mojan la sílice sobre los límites largos alrededor de las partículas.

La observación, datos, e innovación de laboratorio y planta de demostración (escala de 12,000 toneladas (10,900 toneladas métricas)) resultaron en nueva tecnología de proceso que supera una deficiencia importante: formación de polvo en el horno con orificios, como se describe en la Patente Megy y muestra en la Figura 1. Los métodos y sistemas en la presente proporcionan mejoras específicas de proceso que reducen y remueven de manera significativa el polvo. Los métodos y sistemas en la presente añaden etapas de proceso y modificaciones del equipo y proporcionan otras mejoras de proceso, tal como la remoción de metales y cloruro de la alimentación del horno de reducción, disminuyendo así la contaminación del producto ácido, al proceso descrito en la Patente Megy (ver las Figuras 2-10 para diagramas de flujo alternativos), como se describe a continuación:

a) En la Patente Megy, los aglomerados descritos incluyen: composición, contenido volátil, y tamaño. La descripción del proceso en la Patente Megy no describe específicamente la etapa de “Formación de bolas” mostrada en

el diagrama de flujo de la Figura 1. Tenga en cuenta que en los métodos y sistemas en la presente un tambor de formación de bolas, un disco de formación de bolas, o un sistema peletizador se puede usar para formar aglomerados. Después, el sistema peletizador se define como la extrusión de la mezcla deseada. Los constituyentes pueden incluir sílice, mineral de fosfato, coque de petróleo, y arcilla (bentonita y/o natural) y se pueden extruir a través de un troquel en cilindros y cortar a longitudes de modo que la relación de longitud a diámetro (L/D) ≈ 1:1. Una etapa de esferoidización puede seguir para remover los bordes afilados. El aglomerado puede estar húmedo o seco durante esferoidización, que se realiza revolviendo o haciendo vibrar los aglomerados, seleccionando los bordes removidos, y reciclando el material de borde.

b) La planta de demostración inicial (primera a gran escala, planta de 12,000 toneladas, reducción para la práctica de la Patente Megy) usa sólo un "Tambor de Formación de Bolas" para coalescer los ingredientes de alimentación (mineral de fosfato, sílice, coque de petróleo) en aglomerados de alimentación. Estos aglomerados exhiben resistencia a la compresión de 25 lb_f (111 N) o menos, usualmente entre 10-20 lb_f (44.4-88.9 N). Se observó que tales aglomerados tienen resistencia a la compresión

insuficiente para ser procesados en el horno de reducción con orificios sin desgaste y/o pérdida de integridad y producir polvo significativo dentro del horno. El polvo reduce el rendimiento a través de la reacción de nuevo en el margen libre del horno y afecta significativamente la operabilidad del horno y equipo corriente abajo.

c) Los métodos y sistemas en la presente pueden reducir de manera significativa (por más de 90%) la formación de polvo en el horno con orificios introduciendo de etapas de proceso adicionales que endurecen los aglomerados a resistencia a la compresión de más de 25 lb_f (111 N). Bajo ciertas condiciones de proceso, la resistencia a la compresión puede exceder 100 lb_f (444.8 N).

d) Los métodos y sistemas en la presente también pueden aumentar la recuperación de calor que hablita una integración de calor aumentada.

e) Los métodos y sistemas en la presente también pueden aumentar la concentración de P_4O_{10}/P_2O_5 dejando el horno con orificios desde aproximadamente 8% a más de 14% que reducirá el tamaño de la planta de ácido ayudando a compensar la inversión de capital adicional introducida por las etapas de procesamiento adicionales.

f) Los métodos y sistemas en la presente describen diversos procesos para tratamiento térmico de los aglomerados

(induración) y/o la introducción de un aglutinante/revestimiento de polímero antes del tratamiento térmico o en la ausencia de una etapa de tratamiento térmico separada que no se describe en la Patente Megy.

g) Los métodos y sistemas en la presente pueden añadir tuberías verticales a los orificios dentro del horno de reducción que se extienden por encima de la altura del lecho. Las tuberías verticales disminuyen o eliminan la captura de aglomerados y polvo en los orificios de aire de sobre lecho que se descargan de los orificios a medida que giran hacia el ápice del horno, lo que conduce a la formación de más polvo y dispersión de polvo en el margen libre del horno.

h) Los métodos y sistemas en la presente también pueden incluir el almacenamiento intermedio de los aglomerados después de induración que aumentará la disponibilidad de la planta (horas de operación reales/horas de operación planificadas y no planificadas).

i) Los métodos y sistemas en la presente pueden proporcionar la remoción de polvo que se forma durante el proceso de induración y en el horno con orificios.

j) Los métodos y sistemas en la presente pueden proporcionar para la remoción de contaminantes de mineral tales como aluminio, arsénico, cadmio, cloruro, plomo y

mercurio.

k) Estos métodos y sistemas en la presente pueden proporcionar la cogeneración de electricidad o calor para el proceso o propósitos de servicio doméstico.

l) El método y sistemas en la presente pueden aumentar la resistencia de aglomerados verdes a temperaturas ambientales a temperaturas de induración.

m) El método y sistemas en la presente pueden realizar la induración por una rejilla, sistema de horno de rejilla, o un horno. El horno puede ser un co-corriente rotatorio, contra-corriente rotatorio, o túnel.

Los presentes métodos y sistemas pueden proporcionar varios procesos para endurecer los aglomerados de materia prima por encima de 25 lb_f (111 N) de resistencia a la compresión antes de que se alimenten al horno con orificios, y remover el polvo formado durante el proceso de induración y en el horno con orificios, disminuyendo de ese modo el polvo a niveles aceptables, lo cual no reduce el rendimiento u operación del depurador de producto.

En las pruebas de laboratorio y de escala de planta de demostración se observó que los aglomerados se podrían indurar (endurecer por encima de 25 lb_f (111 N) de resistencia a la compresión si se calientan a temperaturas por encima de 900°C, tal como por encima de 930°C). El

proceso de induración se puede realizar bajo condiciones de reducción/inertes que endurecen los aglomerados y disminuye o elimina el carbono consumido y reducción carbotérmica del mineral de fósforo (por debajo de la temperatura de reacción de 1180°C). Además, los aglomerados que dejan el proceso de induración se pueden enfriar indirectamente bajo condiciones de reducción/inertes de modo que mantienen su resistencia y contenido de carbono a menos que los aglomerados endurecidos sean alimentados directamente al horno con orificios. Las Figuras 2-8 muestran varios procesos para realizar este proceso de induración.

La Figura 2 muestra uno de los diseños más conservadores, donde los aglomerados verdes (aglomerados hechos por un tambor de formación de bolas o disco o un sistema peletizador) se alimentan sobre un secador de rejilla y luego se alimentan a un horno de induración, seguido por un enfriador, separador/depurador de polvo, almacenamiento intermedio, y finalmente al horno de reducción con orificios. Una ventaja de tal sistema es la capacidad de endurecer los aglomerados, mantener su dureza, y remover el polvo antes de la alimentación de los aglomerados al horno rotatorio de reducción. El almacenamiento intermedio puede ser dimensionado para unas cuantas horas a días. Permite el desacoplamiento de la sección de preparación de alimentación

del proceso de la sección de reacción principal y formación del producto final. El recipiente de almacenamiento intermedio puede estar aislado o no. El aislamiento del almacenamiento de los aglomerados endurecidos puede reducir los requisitos de calor en las etapas de proceso corriente abajo. También se muestra el uso de polímero soluble en agua y arcilla de bentonita o arcilla natural. En los métodos y sistemas en la presente, los aditivos de arcilla se pueden usar solos o como una mezcla. Aunque beneficiosos, cualquiera de los sistemas de la Figura 2-10 se puede operar sin la arcilla. También es posible desviar o eliminar el enfriador indirecto y almacenamiento intermedio. La corriente de gas que deja el horno de induración en la Figura 2 contiene componentes gaseosos y polvo arrastrado. Los componentes gaseosos son una mezcla de contaminantes orgánicos e inorgánicos volátiles (por ejemplo, Al, Cd, Pb, Hg, As, Cl) y se remueven después del ciclón por un depurador. El polvo se separa por el ciclón y se alimenta de nuevo al sistema de alimentación. El polvo también puede contener algunos de los contaminantes inorgánicos y una pequeña purga se puede usar para impedir que los contaminantes se concentren en la alimentación. La Figura 2 no muestra la integración de calor ya que se mostrará en las figuras subsecuentes.

Una variación de la Figura 2 se muestra en la

Figura 3 y es añadir una sección de REJILLA MÓVIL de PRECALENTAMIENTO a la REJILLA MÓVIL DE SECADOR. Parte de esta variación es el mantenimiento de un ambiente reductor en la sección de rejilla. La composición del gas de transferencia de calor puede ser reductora y contener poco oxígeno de modo que el carbono en el aglomerado no se oxida. El ambiente reductor se puede lograr recirculando el gas de escape que deja el DEPURADOR DE PRODUCTO ÁCIDO de nuevo al ENFRIADOR DE AGREGADO donde el gas calentado se alimenta al HORNO DE INDURACIÓN y luego a la REJILLA MÓVIL DE PRECALENTAMIENTO, luego la REJILLA MÓVIL DE SECADOR y, finalmente el SECADOR ROTATORIO. El ENFRIADOR DE AGREGADO es un intercambiador de calor de gas-sólidos capaz de utilizar la reducción de gas, aire o gas inerte para enfriar los sólidos de descarga del horno. La recuperación de calor del ENFRIADOR DE AGREGADO se utiliza en varios lugares dentro de la planta, lo que permite la integración de calor sustancial. Este diagrama de flujo tiene múltiples lugares donde el polvo se puede remover si se forma: de la corriente de gas que deja el HORNO DE INDURACIÓN a través del CILÓN DE POLVO DE ALTA TEMPERATURA, el sistema de rejillas móviles, después el ENFRIADOR DE INUNDACIÓN DE AGUA INDIRECTA, y después el DEPURADOR DE PRODUCTO ÁCIDO. Después de la induración, un sistema de ciclón-depurador puede separar el polvo del gas de escape de horno de

induración. Al igual que con todos estos sistemas un desvío adecuado puede estar disponible cuando el ciclón-depurador falla. La planta de ácido puede servir para este propósito, pero puede usar un sistema de remoción de sólidos para atrapar el polvo que lo protege de convertirse inoperable. Este sistema de remoción de sólidos también puede proteger a la planta de ácido del polvo que se forma en el horno de reducción. Los contaminantes gaseosos se remueven a través de la COLUMNA DE ADSORCIÓN DE GAS antes de que esta corriente se alimente a la REJILLA MÓVIL DE PRECALENTAMIENTO. Cabe señalar que puede ocurrir algún arrastre de polvo de un ciclón de etapa única que puede llevar a la obstrucción de la columna de adsorción. Para reducir o minimizar este problema, ya sea un ciclón de segunda etapa se puede añadir o un sistema de filtro o ambos. Luego, el gas de escape de la planta de gas se puede calentar y recircular como gas de reducción.

La Figura 4 muestra potencialmente el diseño de capital más bajo y usa un SECADOR/Calentador de Rejilla Recta para indurar los aglomerados antes de que se alimentan directamente al HORNO ROTATORIO CON ORIFICIOS. La sección de rejilla es una combinación de un secador y un calentador. De nuevo, la composición de gas de transferencia de calor en la sección de rejilla puede ser reductora y contener poco oxígeno para disminuir el carbono consumido. Esto se logra

recirculando el gas de escape que deja el DEPURADOR DE PRODUCTO ÁCIDO al enfriador de agregado donde el gas calentado proporciona calor a la REJILLA Recta. Los contaminantes gaseosos se remueven en una columna de adsorción antes del SECADOR ROTATORIO. Este diseño no proporciona almacenamiento o enfriamiento indirecto intermedio para los aglomerados.

La Figura 5 es similar a la Figura 4 pero añade un enfriador indirecto y almacenamiento intermedio. También ofrece la remoción de sólidos similar a la descrita anteriormente para el diagrama de flujo descrito en la Figura 3. Los contaminantes gaseosos se remueven de la misma manera como se muestra en la Figura 4.

En la Figura 6 se muestra cómo recuperar el calor recirculando una porción del producto agregado de nuevo al horno de reducción. Los aglomerados endurecidos se presentan al HORNO ROTATORIO DE REDUCCIÓN de tres fuentes: 1) Directamente desde el HORNO DE INDURACIÓN; 2) Desde el HORNO DE INDURACIÓN a través de un ENFRIADOR DE INUNDACIÓN DE AGUA INDIRECTA seguido por un TAMIZ DE DOBLE PLATAFORMA; y 3) Desde el ALMACENAMIENTO DE GRÁNULOS INDURADOS a través del TAMIZ DE DOBLE PLATAFORMA. Tenga en cuenta que en este caso algo del producto de agregado se puede recircular entre el ALMACENAMIENTO DE GRÁNULOS INDURADOS y el TAMIZ DE DOBLE

PLATAFORMA. La elección de enrutamiento de alimentación y relación de recirculación de agregado a alimentación indurada depende de la temperatura y composición de aglomerado para controlar el aumento de temperatura en el horno.

Las Figuras 7 y 8 proporcionan alternativas para el control de temperatura en el HORNO DE REDUCCIÓN. La Figura 7 muestra la introducción de un POSTQUEMADOR DE DEPURADOR DE POST PRODUCTO ÁCIDO y la Figura 8 proporciona una CÁMARA DE COMBUSTIÓN DE DEPURADOR DE PRE PRODUCTO ÁCIDO. En ambos casos, cuando se usa para el control de la temperatura, el horno de reducción se opera con oxígeno deficiente estequiométrico para la combustión completa. La atmósfera reductora dentro del horno disminuye el carbono consumido, que contribuye al control de la temperatura, reduce la formación de polvo, y aumenta el rendimiento de conversión de fosfato.

En la Figura 7, el gas de escape del HORNO DE REDUCCIÓN se presenta al DEPURADOR DE PRODUCTO ÁCIDO (Planta de Ácido), que remueve el petóxido de fósforo del gas que produce Producto Ácido. La filtración de líquidos dentro de la planta de ácido remueve el polvo que se recolecta junto con pentóxido de fósforo dentro del líquido circulante. El gas de escape del Depurador de Producto Ácido se presenta a un POSTQUEMADOR, que oxida el monóxido de carbono no quemado

y el hidrógeno a dióxido de carbono inocuo y vapor de agua. El gas de descarga del postquemador pasa a través de la Recuperación de Calor antes de ser expulsado a la atmósfera.

La Figura 8 muestra que el gas de escape del HORNO DE REDUCCIÓN se presenta a una CÁMARA DE COMBUSTIÓN, que oxida el monóxido de carbono no quemado y el hidrógeno a dióxido de carbono inocuo y vapor de agua. El gas de escape de la CÁMARA DE COMBUSTIÓN se presenta al DEPURADOR DE PRODUCTO ÁCIDO (Planta de Ácido), que remueve el pentóxido de fósforo del gas que produce Producto Ácido. La filtración de líquidos dentro de la planta de ácido remueve el polvo que se recolecta junto con el pentóxido de fósforo en el líquido circulante. El gas de escape del DEPURADOR DE PRODUCTO ÁCIDO se expulsa a la atmósfera.

La Figura 9 es similar a la Figura 2, excepto que muestra la integración de calor, remoción de contaminantes, y cogeneración de energía eléctrica o calor. La temperatura de los aglomerados de alimentación en la rejilla de secador no excederá 300°C para reducir o prevenir la oxidación de carbono. Este diagrama de flujo muestra cómo dividir la planta en dos secciones independientes para aumentar la capacidad de operabilidad. Los contaminantes se remueven después de la induración en un ciclón de polvo y un depurador.

La Figura 10 representa el sistema de horno de rejilla con recuperación de calor y remoción de contaminantes. Es similar a la Figura 3 y la sección de alta temperatura de la rejilla se necesitará mantener en un ambiente de reducción. Para proteger los componentes de rejilla, el gas reductor se puede alimentar por flujo descendente a la rejilla. La remoción de contaminantes se realiza a través de un depurador de gas de combustión.

Las Figuras 2-10 muestran la adición de un polímero soluble en agua (se puede usar un polímero insoluble en agua pero se requiere una etapa de mezclado adicional) a la etapa de proceso de formación de bolas. Aunque beneficiosos, algunos de tales sistemas se pueden operar sin el polímero. El propósito del polímero es fortalecer el aglomerado antes de que alcance temperaturas de induración en los hornos de induración y/o de reducción o rejilla de induración, disminuyendo de ese modo la formación de polvo. El aglutinante polimérico puede ser orgánico o inorgánico. Hay ventajas para un polímero inorgánico ya que algunos son estables a temperaturas aproximadas a las temperaturas de induración. Esto le da al aglomerado una mayor probabilidad de mantener la integridad (formación de polvo disminuida) antes que las reacciones de induración puedan ocurrir cerca de 1000°C. Se puede añadir más convenientemente de cuatro

maneras: 1) el polímero soluble en agua se mezcla y se dispersa a través de la mezcla de sólidos antes del proceso de formación de bolas; 2) el polímero se pulveriza y se dispersa durante el proceso de formación de bolas; 3) los aglomerados se revisten después de que se forman; o 4) una combinación de cualquiera de los primeros. Los aglomerados cargados con polímero dejan del proceso de formación de bolas y se alimentan a un secador de rejilla, donde la reacción de polímero ocurre a temperaturas por encima de 40°C fortaleciendo el aglomerado.

Un polímero también se puede añadir al diagrama de flujo original descrito en la Patente Megy. El aglomerado fortalecido con polímero retiene el aglomerado junto el tiempo suficiente para reducir el polvo antes de que el aglomerado sea fortalecido adicionalmente por induración (el aglomerado alcanza temperaturas > 930°C < 1125°C) en la porción frontal del horno de reducción antes que se alcance la temperatura de reacción de reducción de mineral de fósforo 1180°C.

Las Figuras 2-10 tienen las siguientes etapas de proceso en común:

dimensionamiento/selección de las materias primas, secado seguido por reducción de tamaño al tamaño de partícula deseado, mezclado y finalmente una etapa de aglomeración. Hay

variaciones en estas etapas que incluyen: trituración por separado de los constituyentes de alimentación seguido por mezclado, combinación de secado y reducción de tamaño en una etapa si se usan molinos de barrido de gas, y co-trituración de dos o más de los constituyentes de alimentación seguido por mezclado.

Por consiguiente, un ejemplo de un método para producir pentóxido de fósforo incluye formar aglomerados de prealimentación que contienen partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, y partículas de sílice y calentar los aglomerados de prealimentación en una atmósfera reductora o inerte a una temperatura de induración por encima de 900°C menor de 1180°C y mantener la temperatura de induración durante 15 minutos o más. Los aglomerados de prealimentación pueden ser aglomerados verdes o secos. El método incluye formar aglomerados de alimentación y aumentar una resistencia a la compresión de los aglomerados de alimentación por encima de 25 lb_f (111 N) usando el calentamiento, los aglomerados de alimentación exhiben una relación molar de calcio a sílice menor de 1 y una relación molar de sílice a (calcio + magnesio) mayor de 2. Un lecho de horno de reducción se forma usando los aglomerados de alimentación, se genera gas de escape de horno, y el pentóxido de fósforo se recolecta del gas de escape del

horno.

A modo de ejemplo, la resistencia al aplastamiento puede estar por encima de 50 lb_f (222.4 N). El calentamiento puede ocurrir en un horno de induración seleccionado de entre un horno de túnel, un horno de co-corriente rotatorio, y un horno de contra-corriente rotatorio. En lugar o además, el calentamiento puede ocurrir en un calentador de rejilla. La temperatura de induración puede ser desde 930 a 1125°C. Además, la temperatura induración se puede mantener durante 30 a 90 minutos.

El método puede incluir además añadir aire de sobre lecho a través de una pluralidad de orificios a lo largo de la longitud del lecho. El aire de sobre lecho puede entrar al margen libre del horno a través de una pluralidad de tuberías verticales que se extienden desde orificios respectivos a una altura por encima del lecho. El método puede incluir además precalentar los aglomerados de prealimentación en un calentador de rejilla a una temperatura de precalentamiento desde 950°C menor de 1180°C antes del calentamiento a la temperatura de induración, que ocurre en un horno de induración. Los aglomerados de prealimentación pueden contener además partículas de arcilla. El método puede incluir además preparar las partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de arcilla (si

están presentes), y partículas de sílice de modo que 80% o más exhiben un tamaño menor de 200 mesh. El método puede incluir además depurar el gas de escape del horno en un depurador de producto ácido y generar un gas de escape del depurador, realzar la reducción del gas de escape del depurador, y precalentar en el calentador de rejilla usando el gas de escape del depurador de reducción. El gas de escape del depurador se puede calentar por los sólidos de descarga del horno, tal como en el enfriador de agregado discutido anteriormente en relación a la Figura 3. Los aglomerados de prealimentación pueden contener uno o más contaminantes seleccionados del grupo que consiste de Al, As, Cd, Cl, Pb, y Hg y el método puede incluir además disminuir una concentración de los contaminantes en los aglomerados de alimentación usando el calentamiento en comparación con los aglomerados de prealimentación.

Otro ejemplo de un método para producir pentóxido de fósforo incluye formar aglomerados verdes que contienen partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de sílice, y un polímero y secar los aglomerados verdes a una temperatura de secado desde 40 a 300°C, los aglomerados secos exhiben una resistencia a la compresión por encima de 25 lb_f (111 N). El método incluye calentar los aglomerados secos en una atmósfera reductora o

inerte a una temperatura de induración por encima de 900 menor de 1180°C y mantener la temperatura de induración durante 15 minutos o más. El método también incluye formar aglomerados de alimentación y aumentar una resistencia a la compresión de los aglomerados de alimentación por encima de 50 lb_f (222.4 N) usando el calentamiento, los aglomerados de alimentación exhiben una relación molar de calcio a sílice menor de 1 y una relación molar de sílice a (calcio + magnesio) mayor de 2. Un lecho de horno de reducción se forma usando los aglomerados de alimentación, se genera gas de escape del horno, y el pentóxido de fósforo se recolecta del gas de escape del horno.

A modo de ejemplo, la resistencia al aplastamiento puede estar por encima de 100 lbf (444.8 N). La temperatura de induración puede ser desde 950 a 1100°C y se mantiene durante 30 minutos o más. Los aglomerados verdes pueden contener además partículas de arcilla. La temperatura de secado puede ser desde 40 a 150°C. El polímero puede contener un compuesto seleccionado de entre acrílicos, siliconas, poliimidas reticulables, epóxidos, silicatos de sodio, potasio, o litio, y una combinación de polímeros orgánicos e inorgánicos. El polímero puede contener $Na_2(SiO_2)_nO$. Cuando se usa un polímero de silicato, la incorporación de arcilla se puede evitar. Los aglomerados secos pueden contener uno o más

contaminantes seleccionados del grupo que consiste de Al, As, Cd, Cl, Pb, y Hg y el método puede incluir además disminuir una concentración de los contaminantes en los aglomerados de alimentación usando el calentamiento en comparación con los aglomerados secos. El método puede incluir además preparar las partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de arcilla y partículas de sílice de modo que 80% o más exhiben un tamaño menor de 200 mesh.

Aún otro ejemplo de un método para producir pentóxido de fósforo incluye extruir un material para formar aglomerados verdes que contienen partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de sílice y 2 a 5% en peso (base seca) de partículas de arcilla. El método incluye secar los aglomerados verdes extruidos a una temperatura de secado desde 40 a 150°C, los aglomerados secos exhiben una resistencia a la compresión por encima de 50 lb_f (222.4 N) y calentar los aglomerados secos en una atmósfera reductora o inerte a una temperatura de induración por encima de 900 menor de 1180°C y mantener la temperatura de induración durante 15 minutos o más. El método incluye formar aglomerados de alimentación y aumentar una resistencia a la compresión de los aglomerados de alimentación por encima de 200 lb_f (889.6 N) usando el calentamiento, los aglomerados de alimentación exhiben una relación molar de calcio a sílice

menor de 1 y una relación molar de sílice a (calcio + magnesio) mayor de 2. Un lecho de horno de reducción se forma usando los aglomerados de alimentación, se genera gas de escape del horno, y el pentóxido de fósforo se recolecta del gas de escape del horno.

A modo de ejemplo, la temperatura de induración puede ser desde 1000 a 1100°C y se mantiene durante 30 a 90 minutos. El método puede incluir además preparar las partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de arcilla y partículas de sílice de modo que 80% o más exhiben un tamaño menor de 325 mesh. Los aglomerados secos pueden contener uno o más contaminantes seleccionados del grupo que consiste de Al, As, Cd, Cl, Pb, y Hg y el método puede incluir además disminuir una concentración de los contaminantes en los aglomerados de alimentación usando el calentamiento en comparación con los aglomerados secos.

EJEMPLO 1 - DATOS DE LABORATORIO A

Dos secuencias de laboratorio se corrieron como sigue:

1) Comparar las resistencias de gránulos secos de formulaciones de Coque Calcinado (con Guijarro de Alto Contenido de Magnesio [Mag]) a trituración de 230 mesh y 325

mesh a temperatura ambiente y después de la cocción durante 30 minutos a 1000 C. La materia prima fueron relaves Dierks de trituración de laboratorio, Guijarro de Alto Contenido de Magnesio, Coque de Petróleo Calcinado, y 1% de bentonita triturada a 230 mesh y a 325 mesh; R = 2.5. Los relaves Dierks son material de relleno de un vertedero de relaves de arena en Fort Meade, Florida.

2) Comparar las resistencias de gránulos secos de Coque Calcinado (con Guijarro de Alto Contenido de Magnesio) a trituración de 230 mesh y 325 mesh y una formulación de $CaCO_3$ a trituración de 230 mesh a 400, 600, 700, 800, 900 y 1100°C. Se añadió uno por ciento de bentonita a la muestra de 325 mesh y no se añadió bentonita a la muestra de 230 mesh. Se utilizó cuatro por ciento de bentonita para desarrollar suficiente resistencia en la formulación de $CaCO_3$/arena/coque.

Preparación del Aglomerado

La formulación para los aglomerados y la preparación como sigue:

1) Formulación de coque de petróleo calcinado de 230 y 325 mesh –

1 parte de Guijaro de Alto Contenido de Magnesio, 1.54 partes de relaves Dierks, y 0.247 partes de coque

calcinado. Tres componentes triturados en un mortero y maja de laboratorio para pasar tamiz de 230 mesh (primera muestra) o tamiz de 325 mesh (segunda muestra). Se añadió 1% de bentonita antes del mezclado con 14% en peso de agua y se hicieron los gránulos en un troquel de 1/2 pulgada (1.27 cm) bajo presión de 300 lb_f (1334.4 N). Los gránulos se pesaron y se midieron y luego se secaron y se pesaron y se midieron de nuevo. Algunos aglomerados se aplastaron sin cocción y exhibieron una resistencia de gránulo verde de menos de 20 lb_f (88.9 N), el resto se coció a temperaturas seleccionadas en el horno de tubo de laboratorio en un bote con el tubo purgado con nitrógeno. Los gránulos cocidos se pesaron, se midieron y se aplastaron.

2) Formulación de $CaCO_3$ –

1 parte de $CaCO_3$ puro de laboratorio, 9 partes de relaves Dierks, 1 parte de coque verde, y 0.4 partes de bentonita se trituraron en laboratorio para pasar tamices de 230 mesh. Se mezclaron con 14% de agua y se formaron en gránulos de 1/2 pulgada (1.27 cm) de diámetro bajo presión de 300 lb_f (1334.4 N). Los gránulos luego se trataron como anteriormente.

Resultados

Los resultados de las dos secuencias se presentan

juntos. La observación principal es que la resistencia del gránulo (aglomerado) no se mejoró hasta que la temperatura se aproximó a 1000°C como se muestra en la Figura 11.

La variación de la densidad de aglomerado con temperatura de cocción (Figura 12) también se midió, la cual mostró que el fortalecimiento del aglomerado a 1000-1100°C estuvo acompañado por un aumento de la densidad significativo para las formulaciones de 230 y 325, pero no la formulación de $CaCO_3$.

La pérdida de peso en los gránulos tras la cocción y el cambio de volumen de los aglomerados versus la temperatura se muestra en las Figuras 13 y 14. Los aglomerados de mineral perdieron volumen considerable a 1000 y 1100°C, pero los aglomerados de $CaCO_3$ no lo hicieron. Todos los aglomerados tenían pérdida de peso que aumentó con la temperatura de cocción del aglomerado.

Dado que el aglomerado de $CaCO_3$ y los gránulos de mineral desarrollan resistencia a la misma temperatura, los datos sugieren que la reacción de $CaCO_3$ con SiO_2 ocurre a aproximadamente 950°C (se sabe que reaccionan a una velocidad razonable a 930°C) y está implicada en el fortalecimiento de los gránulos. La reacción implicada es:

$$CaCO_3 + (1+x)\ SiO_2 \rightarrow CaSiO_3(SiO_2)_x + CO_2$$

EJEMPLO 2 - DATOS DE LABORATORIO B

La Tabla 1 proporciona datos sobre el endurecimiento del aglomerado como una función del tiempo y temperatura. Cinco aglomerados de composición y tamaño mostrados en la Tabla 1 se colocaron en un crisol y se calentaron en un horno de laboratorio Thermolyne 47900 y se mantuvieron a temperaturas entre 1000 y 1100°C bajo una purga de nitrógeno de 10 ft^3/hr (0.28 m^3/hr). La temperatura del horno inicial se ajustó a aproximadamente 350°C y luego se incrementó a la temperatura deseada y se mantuvo durante el tiempo listado en la Tabla 1. Los aglomerados luego se removieron del crisol y se enfriaron al aire antes que se midiera la resistencia a la compresión.

Tabla 1. Resistencia del aglomerarse como una función de la temperatura y tiempo.

Cinco aglomerados de 5/16 de pulgada (0.79 cm) de diámetro por corrida y composición en base seca de aproximadamente 55.7% de SiO_2, 20.4% de CaO, 10.9% de P_2O_5, 1.2% de MgO, 7.5% de coque de petróleo, 2,1% de arcilla con 1.1% cada uno de Fe_2O_3 y Al_2O_3.

Temperatura, C	Tiempo, min.	Resistencia de Bola, lbf (N)	Resistencia de Bola Promedio, lbf (N)
1000	30	24 30 12 27 40 (106 133 53 120 177)	27 (120)
1000	60	31 23 37 50 35	35 (155)

EJEMPLO 3 - DATOS DE LABORATORIO C

El uso de una resina polimérica orgánica, POLVO 43-ACRÍLICO/IND, CÓDIGO WC66-6707M, Proveedor: PPG Industries,

para fortalecer los aglomerados antes de la induración se muestra en la Tabla 2. Se prepararon diecisiete muestras de aglomerado, 5 con polímero y 12 sin polímero mezclando completamente los ingredientes (mostrados a continuación) compactados en una prensa hidráulica a 300 lb_f (1334.4 N), se secaron a 100°C durante 12 minutos, luego se probaron para compresión. Se preparó una composición conocida para una comparación de línea de base que no contenía arcilla y polímero orgánico. La resistencia a la compresión promedio entre los aglomerados con polímero orgánico y sin polímero orgánico fue 64.8 lb_f (288.2 N) versus 15.2 lb_f (67.6 N), respectivamente.

La adición de polímero orgánico aumentó la resistencia a la compresión significativamente cuando se secó a 100°C. La Figura 17 muestra la dependencia de la temperatura en la resistencia a la compresión para tres diferentes composiciones de aglomerados preparadas de manera similar a las muestras anteriores: 1) con 10% de arcilla sin polímero; 2) 8% de polímero sin arcilla; y 3) 10% de polímero y 4% de arcilla. El caso sin polímero muestra que la resistencia a la compresión es independiente de la temperatura hasta que se alcanzan las temperaturas de induración. Todas las muestras que contienen polímero perdieron resistencia a la compresión menor de 15 lb_f (66.7N)

a temperaturas por encima de 300°C. La experiencia de operación del horno de planta de demostración mostró que la rotura de aglomerado y formación de polvo probablemente comenzarán en el horno después que los aglomerados pierden resistencia a la compresión por debajo de 25 lbf (111 N) a temperaturas por encima de 300°C. Por lo tanto, el aglutinante polimérico beneficioso es uno que es estable hasta las temperaturas de induración - aproximadamente 930°C. Puesto que ningún polímero orgánico identificado hasta ahora fue estable durante periodos prolongados por encima de 500°C, se cree que sólo los polímeros inorgánicos logran el resultado deseado. El Ejemplo 9 muestra los resultados de un polímero inorgánico. Una combinación de aglutinantes poliméricos orgánicos e inorgánicos puede ser beneficioso ya que el polímero orgánico daría una excelente resistencia a bajas temperaturas y un polímero inorgánico la resistencia requerida a altas temperaturas.

Tabla 2. Comparación de aglomerados con y sin un aditivo polimérico orgánico.

Composición de Aglomerado sin Polímero: 57.1% de SiO_2, 20.4% de CaO, 11.2% de P_2O_5, 8.3% de coque de petróleo con aproximadamente 1% cada uno de base seca de MgO, Fe_2O_3 y Al_2O_3.

Composición de Aglomerado con polímero añadido: 51.5% de SiO_2, 18.4% de CaO, 10.1% de P_2O_5, 7.4% de coque de

	Resistencia a la Compresión, lbf (N)	Resistencia a la Compresión Promedio, lbf (N)
Composición de Aglomerado sin Polímero	17.9 15.0 17.8 19.5 15.3 (79.6 66.7 79.1 86.7 68.0) 12.7 13.8 14.5 14.1 13.0 (56.4 61.3 64.4 62.7 57.8) 12.8 15.7 (56.9 69.8)	15.2 (67.6)
Aglomerado con 10% de Polímero sin	70.6 50.1 55.8 73.1 74.2 (314 222.8 248.2 325.1 330.0)	64.8 (288.2)

EJEMPLO 4 - DATOS DE PLANTA DE DEMOSTRACIÓN A

El horno se operó a 982°C como se mide por el punto más caliente en el ladrillo del horno, con un tiempo de residencia aproximado de una hora. Bolas verdes secas se alimentaron con calidad típica; ≈ 20+ lb_f (88.9 N) de resistencia a la compresión y 50% de dimensionamiento de +3/8 de pulgada (0.95 cm). Las muestras se tomaron directamente de la descarga del horno y se dejaron enfriar con aire dentro de

un recipiente de muestras. Después del enfriamiento, la resistencia a la compresión promedió 84 lb_f (373.6 N). Estas bolas se revolvieron y el polvo generado fue menos de 0.2%. La prueba se repitió pero a una temperatura ligeramente mayor de ≈ 1038°C y condiciones de alimentación similares y muestreo a la prueba anterior. La resistencia a la compresión promedió 105 lb_f (467 N). Después de la revoltura, el polvo aún estaba por debajo de 0.2% en promedio. Estas bolas tenían la apariencia de un interior gris oscuro con una cubierta gris claro externa muy delgada. Debido a que las bolas se expusieron a oxígeno, algo de carbono se pudo haber quemado, que podría reducir los rendimientos. Estas bolas se probaron en el laboratorio para su rendimiento y se logró 85%.

EJEMPLO 5 – DATOS DE PLANTA DE DEMOSTRACIÓN B

La Figura 15 y 16 muestran los efectos de la induración en la resistencia a la compresión del aglomerado (bola/gránulo) y formación de polvo versus las bolas no induradas, respectivamente. Los resultados generados fueron de dos pruebas de plantas diferentes, corridas bajo nominalmente las mismas condiciones de operación: temperatura del horno en el punto caliente de 1038°C, velocidad de alimentación de 5-6 toneladas/hora, tiempo de residencia de sólidos de 45-60 minutos, concentración de oxígeno del gas de

escape de 6-8%. La Figura 15 muestra que la resistencia a la compresión del aglomerado indurado se aumenta por más de un factor de 5 versus aglomerado no indurado. La Figura 16 muestra que la propensión al polvo se reduce por un orden de magnitud por los aglomerados indurados. El muestreo de las bolas de alimentación al horno y las bolas que salen del horno después de la induración y luego corridas en un probador de tambor generó los datos en la Figura 16.

EJEMPLO 6

La Tabla 3 muestra el cambio en la concentración de contaminante en los aglomerados de alimentación antes y después de la induración a 1080°C durante 30 y 60 minutos. Los aglomerados de alimentación se prepararon en un disco de formación de bolas de laboratorio (36 cm de diámetro) y luego se secaron a aproximadamente 100°C. Los aglomerados luego se colocaron en un crisol y se calentaron en un horno con un barrido de nitrógeno durante 30 minutos y 60 minutos. La concentración de arsénico se redujo por un factor de 3, el cadmio se redujo desde 1.47 mg/kg a indetectable, el plomo se redujo desde 4.25 mg/kg por un factor de 7.8 después de 30 minutos y a límites no detectables después de 60 minutos, el aluminio se redujo a la mitad, el mercurio se redujo a límites no detectables después de 60 minutos, y el cloruro se

redujo por un factor de 15 después de 60 minutos.

Tabla 3. Concentración del elemento seleccionado en aglomerados de alimentación y concentración en el aglomerado después de la induración a 1080°C durante 30 y 60 minutos.

I - El valor reportado está entre el límite de detección del método de laboratorio y el límite de cuantificación práctica de laboratorio.

U - El compuesto se analizó pero no se detectó. El valor mostrado es la unidad de detección del método de

Analito	Unidades	Aglomerados de Alimentación	30 minutos de Induración	60 minutos de Induración
Arsénico	mg/kg	9.29	3.15	2.88
Bario	mg/kg	30	36.7	48.7
Cadmio	mg/kg	1.47	0.07 U	0.07 U
Cromo	mg/kg	24.1	22	22.9
Plomo	mg/kg	4.25	0.54	0.16 U
Selenio	mg/kg	0.80 U	0.80 U	0.80 U
Plata	mg/kg	0.06 U	0.06 U	0.06 U
Mercurio	mg/kg	0.023 I	0.022 I	0.011 I
Aluminio	mg/kg	6,330	2,910	3,370
Cloruro	mg/kg	61.9	2.57	3.97

EJEMPLO 7

La Tabla 4 muestra el cambio en la concentración de contaminantes en los aglomerados de alimentación antes y después de LA induración a 950°C durante 15 y 60 minutos. Los aglomerados de alimentación se prepararon en un disco de formación de bolas de laboratorio (36 cm de diámetro) y luego se secaron a aproximadamente 100°C. Los aglomerados luego se colocaron en un crisol y se calentaron en un horno con un barrido de nitrógeno durante 15 minutos y 60 minutos. La concentración de arsénico se redujo por un factor de 1.5, el cadmio se redujo desde 1.57 mg/kg a indetectable en 60 minutos, el plomo se redujo desde 5.7 mg/kg por un factor de 4 después de 15 minutos y un factor de 6 después de 60 minutos, y el aluminio por un factor de 1.4. Una comparación entre la Tabla 3 y Tabla 4 indica que las temperaturas mayores facilitan la remoción de contaminantes.

Tabla 4. Concentración del elemento seleccionado en aglomerados de alimentación y concentración en el aglomerado después de la induración a 950°C durante 15 y 60 minutos.

I - El valor reportado está entre el límite de detección del método de laboratorio y el límite de cuantificación práctica de laboratorio.

U - El compuesto se analizó pero no se detectó. El

valor mostrado es la unidad de detección del método de laboratorio.

Analito	Unidades	Aglomerados de Alimentación	15 minutos de Induración	60 minutos de Induración
Arsénico	mg/kg	9.64	6.51	6.51
Bario	mg/kg	58.1	64.4	51.4
Cadmio	mg/kg	1.57	0.11 I	0.07 U
Cromo	mg/kg	30.5	17.0	27.6
Plomo	mg/kg	5.71	1.35	0.9
Selenio	mg/kg	0.80 U	0.80 U	0.80 U
Plata	mg/kg	0.06 U	0.06 U	0.06 U
Aluminio	mg/kg	6,120	4,650	4,250

EJEMPLO 8

La Figura 18 muestra la resistencia a la compresión de aglomerados indurados como una función de la temperatura

con ambos tiempos para induración y tamaño de molienda de los constituyentes de los aglomerados como parámetros. Los aglomerados de alimentación se prepararon de forma similar como en los Ejemplos 7 y 8. Los resultados muestran que la química de induración comienza cerca de 930°C para el tamaño de molienda fina (partículas de 325 mesh) y mesetas alrededor de 1100°C. El tamaño de molienda menor facilita la química de induración, ya que aglomerados de tamaño de molienda de constituyente grueso (partículas de 200 mesh) no se induran a temperaturas por debajo de 1025°C. La resistencia a la compresión de la induración mejora con el aumento de tiempo de induración.

EJEMPLO 9

La Figura 19 muestra la resistencia a la compresión versus la temperatura para aglomerados que contienen 5% de silicato de sodio sobre una base seca. Los constituyentes de aglomerado fueron: 53% de sílice, 33.5% de fosfato, 8.5% de coque de petróleo y 5% de silicato de sodio. Los aglomerados se formaron en un disco de formación de bola de laboratorio (36 cm de diámetro) y se secaron a 200°C durante 15 minutos. La solución de silicato de sodio cuando se secó formó una estructura polimérica inorgánica $Na_2(SiO_2)_nO$ comúnmente

conocida como vidrio soluble. Se corrieron tres pruebas repetidas que muestran buena reproducibilidad. La resistencia a la compresión inicial fue 30-35 lb_f (133.4-15.8 N) con menos de 0.1% de formación de polvo en una prueba de desgaste de 15 minutos. La resistencia a la compresión es constante hasta que la temperatura alcanza 700°C, donde el aglomerado pierde resistencia a la compresión a un promedio de las tres pruebas de menos de 20 lb_f (88.9 N). La resistencia a la compresión se recuperó a 800°C y aumentó dramáticamente cuando las temperaturas de induración se alcanzaron con resistencia a la compresión de más del doble de los valores iniciales a 1100°C.

EJEMPLO 10

Los aglomerados se prepararon de manera similar a los Ejemplos 7-9. Los constituyentes de aglomerado fueron mineral de fosfato (35%), sílice (55%) y coque de petróleo (10%). Antes de la aglomeración, los constituyentes se trituraron usando un molino de bolas para dos tamaños diferentes de 80% de 200 mesh y 80% de 325 mesh. Después del secado, los aglomerados primero se induraron a 1100°C durante 60 minutos y luego se calentaron a varias temperaturas de reducción de 1200°C, 1250°C, 1300°C y 1350°C para tiempos de reducción variados, midiendo el rendimiento de P_2O_5. La Figura

20 muestra el rendimiento de P_2O_5 como una función del tiempo a 1200°C. El tamaño de molienda fina produce rendimientos mayores en todos los tiempos de reducción. La Figura 21 muestra el rendimiento de P_2O_5 como una función de tiempo a temperaturas de reducción desde 1200°C a 1350°C y tamaño de molienda de 80% de 200 mesh y 80% de 325 mesh. A temperaturas de 1250°C y superiores, los rendimientos son 90% o mayores después de 30 minutos independiente del tamaño de molienda. De manera similar, después de 45 minutos los rendimientos son superiores a 95%.

EJEMPLO 11

La Tabla 5 muestra el cambio en la concentración de cloruro en los aglomerados de alimentación antes y después de la induración a 1100°C durante 30 y 60 minutos. Los aglomerados de alimentación se prepararon en un disco de formación de bolas y luego se secaron a aproximadamente 100°C. Los aglomerados luego se colocaron en un crisol y se calentaron en un horno con un barrido de nitrógeno durante 30 minutos y 60 minutos. La concentración de cloruro se redujo por más de 50%.

Tabla 5. Concentración del elemento seleccionado en aglomerados de alimentación y concentración en el aglomerado

Analito	Unidades	Aglomerados de Alimentación	30 minutos de Induración	60 minutos de Induración

después de la induración a 1100°C durante 30 y 60 minutos.

EJEMPLO 12

Se formaron aglomerados de alimentación usando un peletizador de laboratorio descrito a continuación. Los cilindros de aglomerados de 12.7 mm de diámetro se rompieron a aproximadamente 2:1 a 1:1 L/D antes de la induración. Se formaron aglomerados de una mezcla de mineral de fosfato (55%), coque de petróleo (10%), arena (35%) y luego se añadió bentonita entre 2-4% de base seca antes de añadir agua. Los sólidos secos totales fueron 5000 g y los mejores resultados se lograron con agua añadida de 850 ml. Dos tamaños de molienda se probaron 80% de 200 mesh y 80% de 325 mesh.

Descripción de peletizador – Extrusor de J.C. Steele and Sons Laboratory: 1) diámetro de tornillo sinfín de 76 mm; 2) dos barriles de extrusión en línea con revestimientos reemplazables; 3) el barril trasero es para material de alimentación al troquel de sellado (para mantener el vacío); 4) la cámara/barril frontal es para la extrusión a través de un troquel de formación sometido a vacío; 5) los orificios de troquel fueron de 12.7 mm; 6) la velocidad de

troquel de tornillo sinfín fue 29.7 rpm.

Resistencia del Cilindro Verde - Los cilindros comprimidos fueron muy superiores en resistencia en verde seca en comparación con las esferas hechas en un disco de formación de bolas de la misma composición. Los cilindros de 12.7 mm promediaron 70 lb_f (311.3 N) en comparación con las mismas esferas de diámetro de 20 lb_f (88.9 N).

Resistencia a la Induración - La resistencia a la induración promedio de los cilindros de aglomerado fue 3-4 veces mayor que las esferas de aglomerados formadas usando un tambor de formación de bolas. Los cilindros de aglomerados indurados promediaron 350-450 lb_f (1556.8-2001.6 N) de resistencia a la compresión versus las esferas de aglomerado de 100 lb_f (444.8 N) de resistencia a la compresión (mismo tamaño de molienda). El 80% de tamaño de molienda de 325 produjo la resistencia a la compresión más alta. Los cilindros también comenzaron a indurarse a temperaturas menores. Las pruebas indicaron que la induración comenzó a ocurrir a 900°C vs. 930°C para las esferas. La densidad del cilindro aumentó aproximadamente 1.8 veces que la de las esferas.

Potencial de Polvo en Tambor – Los cilindros de aglomerados de alimentación “tal cual” c tenían un menor potencial al polvo como las esferas de alimentación secas,

pero se espolvorearon más cuando se induraron. Esto se debió a los bordes de cilindro rectos que tenían una tendencia a desgastarse cuando se revolvieron o manejaron sin considerar la resistencia. La prueba de tambor se realizó en un cilindro rotatorio de 17.8 cm de diámetro, 20.3 mm de longitud, carga de aglomerado de 500 g y 20 rpm durante 15 minutos. El polvo se recolectó del probador de tambor y se midió como partículas que pasan 40 mesh. Espolvoreo de cilindro seco: 1-3% versus espolvoreo de esfera seca: 3-5%. Espolvoreo de cilindro indurado: 2% versus espolvoreo de esfera indurada: ≈ 0.3-0.5%. De nuevo, estos fueron cilindros que todavía tenían sus bordes rectos.

Las pruebas se repitieron con bordes de cilindro pre-redondeados y luego se midieron para potencial de polvo. Los niveles de polvo cayeron cuando los bordes fueron pre-redondeados. Espolvoreo de cilindro seco con bordes pre-redondeados: ≈ 0.5-1%. Espolvoreo de cilindro indurado con bordes pre-redondeados: 0.3%.

En cuanto al espolvoreo, a pesar que la resistencia inicial de los gránulos es mucho mayor que las bolas, se espera que los cilindros se espolvoreen tanto como las bolas o más debido al desgaste de los bordes, pero serán tan buena o mejor cuando los bordes son pre-redondeados.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

Las características y beneficios de los métodos y sistemas descritos en la presente se pueden usar en varias combinaciones, aunque no se indica específicamente. Los ejemplos de algunas posibles combinaciones de características y beneficios se describen a continuación.

1. Un método para producir pentóxido de fósforo que comprende formar aglomerados de alimentación antes de entrar en un horno rotatorio (horno de reducción que produce gas de P4O10/P2O5, ver las Figuras 2-10) que exhibe resistencia a la compresión por encima de 25 lbf (111 N), tal como resistencia al aplastamiento por encima de 50 lbf (222.4 N), incluyendo resistencia a la compresión por encima de 100 lbf (444.8 N). El aglomerado se puede producir a través de un disco o tambor de formación de bolas, y luego se calienta en una atmósfera reductora o inerte que endurece el aglomerado a la resistencia a la compresión deseada. El aglomerado se puede calentar a temperaturas por encima de 900°C, pero menos de 1180°C, tal como a temperaturas de 1000-1125°C. El aglomerado se puede mantener a estas altas temperaturas durante un mínimo de 15 minutos, tal como 30 a 90 minutos, incluyendo 60 a 90 minutos. El aglomerado puede contener partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de arcilla, suficientes partículas de sílice para

que el aglomerado exhiba una relación molar de calcio a sílice menor de uno, y relación de sílice a (calcio + magnesio) mayor de 2.

2. El método en el párrafo 1, donde el calentamiento de los aglomerados se realiza por un horno (un horno de induración separado, ver las Figuras 2, 3, 6, 7, 8). El tipo de horno puede ser un túnel, contracorriente o co-corriente rotatorio.

3. El método en el párrafo 1, donde el calentamiento de los aglomerados se realiza por un calentador de rejilla (rejilla solamente de induración, ver las Figuras 4 y 5). Los aglomerados luego se alimentan al horno de reducción donde se produce el gas de P_4O_{10}/P_2O_5.

4. El método en el párrafo 1, donde el calentamiento del aglomerado se realiza por un sistema de horno de calentador de rejilla (ver las Figuras 3, 6, 7, 8).

5. El método en el párrafo 2, que comprende mantener un lecho de aglomerados que tiene una longitud, mantener el lecho a o por encima de 950°C, pero menos de 1180°C, tal como menos de 1100°C, a lo largo de una fracción sustancial de la longitud de lecho durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos.

6. El método en el párrafo 2, que comprende mantener un lecho de aglomerados que tiene una longitud,

mantener el lecho a o por encima de 950°C, pero menos de 1180°C, tal como menos de 1100°C, a lo largo de una fracción sustancial de la longitud de lecho durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos.

7. El método en el párrafo 4, que comprende mantener un lecho de aglomerados que tiene una longitud, precalentado en la rejilla a temperaturas a o cerca de 950°C, y luego mantener el lecho en el horno a o por encima de 950°C, pero menos de 1180°C, tal como menos de 1100°C, a lo largo de una fracción sustancial de la longitud de lecho durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos.

8. El método en cualquiera de los párrafos 1 a 4, los constituyentes de aglomerado (mineral de fosfato, sílice, coque de petróleo, y arcilla) se trituran de modo que 80% o más de las partículas son de 200 mesh o menos, incluyendo donde el 80% o más de las partículas son de 325 mesh o menos.

9. El método en el párrafo 7, donde el gas de escape de depurador de producto ácido se hace que sea reducido y se usa para calentar el lecho de aglomerados en el calentador de rejilla.

10. El método en el párrafo 1, donde se usa un enfriador entre el proceso de induración (rejilla recta, horno, rejilla de horno) y el horno de reducción.

11. El método en el párrafo 1, donde se remueve la mayoría del polvo formado durante el proceso de endurecimiento: en la rejilla, después del enfriador y depurador de producto.

12. El método en el párrafo 1, donde los aglomerados se pueden almacenar después del Enfriador Indirecto.

13. El método en el párrafo 12, donde los aglomerados se pueden almacenar entre 100°C a 1000°C en un tanque aislado bajo una atmósfera reductora o inerte.

14. El método en el párrafo 12, donde los aglomerados se pueden almacenar a condiciones ambientales.

15. Un método para producir pentóxido de fósforo que comprende formar aglomerado de alimentación que exhibe resistencia a la compresión por encima de 25 lb_f (111 N), tal como por encima de 50 lb_f (222.4 N), incluyendo por encima de 100 lb_f (444.8 N) que se produce a través del uso de un aditivo polimérico que endurece el aglomerado a una resistencia a la compresión por encima de 25 lb_f (111 N) antes que se caliente a temperatura por encima de 900°C, pero menos de 1180°C, tales como a temperaturas de 1000-1100°C durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos, incluyendo un mínimo de 60 minutos, que permite que el aglomerado logre la resistencia a la compresión deseada

final. El aglomerado se puede producir a través de un disco o tambor de formación de bolas usando un polímero y luego se calienta en un secador de rejilla a temperaturas desde 40 a 300°C, tal como 40 a 150°C. Esto endurece el aglomerado a resistencia a la compresión inicial por encima de 25 lb_f (111 N). El aglomerado contiene: partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, suficientes partículas de sílice para que el aglomerado exhiba una relación molar de calcio a sílice menor que uno, un polímero, y partículas de arcilla.

16. El método en el párrafo 15, en donde el calentamiento de los aglomerados se realiza por un horno (un horno de induración separado, ver las Figuras 2, 3, 6, 7, 8).

17. El método en el párrafo 15, donde el calentamiento de los aglomerados se realiza por un calentador de rejilla (rejilla solamente de induración, ver las Figuras 4 y 5). Los aglomerados luego se alimentan al horno de reducción donde se produce el gas de P_4O_{10}/P_2O_5.

18. El método en el párrafo 15, donde el calentamiento de las bolas se realiza por un sistema de horno de calentador de rejilla (ver las Figuras 3, 6, 7, 8).

19. El método en el párrafo 16, que comprende mantener un lecho de aglomerados que tiene una longitud, mantener el lecho a o por encima de 950°C, pero menos de

1180°C, tal como menos de 1100°C, a lo largo de una fracción sustancial de la longitud de lecho durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos.

20. El método en el párrafo 17 o 18, que comprende mantener un lecho de aglomerados que tiene una longitud, mantener el lecho a o por encima de 950°C, pero menos de 1180°C, tal como menos de 1100°C, a lo largo de una fracción sustancial de la longitud de lecho durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos.

21. El método en el párrafo 15, que comprende mantener un lecho de aglomerados que tiene una longitud, precalentado en la rejilla a temperaturas a o cerca de 950°C, a continuación, luego mantener el lecho en el horno a o por encima de 950°C pero menos de 1180°C, tal como menos de 1100°C, a lo largo de una fracción sustancial de la longitud de lecho durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos.

22. El método en el párrafo 17, donde el gas de escape del depurador de producto ácido, que hace la reducción, se usa para calentar el lecho de aglomerados en el calentador de rejilla.

23. El método en cualquiera de los párrafos 15 a 18, donde el polímero es uno de los siguientes tipos: acrílico, siliconas, poliimidas reticulables, epoxidos, y

silicatos de sodio, potasio o litio.

24. Las tuberías verticales se añaden a los orificios en el horno de reducción y son de altura suficiente para extenderse por encima del lecho de aglomerados.

25. Las tuberías verticales en el párrafo 24 están hechas de una cerámica moldeable en una forma de cilindro o cono (diámetro grande unido a la pared de cerámica moldeable del horno), que se funde alrededor de un cilindro hueco de aleación de alta temperatura (por ejemplo Inconel® 601) anclado a la cubierta del horno para permitir que el aire pase al margen libre del horno.

26. El método en el párrafo 15, donde la mayoría del polvo formado durante el proceso de induración se remueve: en la rejilla, en el enfriador (por el uso de un tambor tamizador) después del enfriador y por el depurador de producto.

27. El método en el párrafo 1 o 15, donde la mayoría del polvo formado durante el proceso de induración se remueve por un ciclón y retorna corriente arriba al secador rotatorio.

28. El método en el párrafo 27, donde una fracción del polvo recirculado al secador rotatorio se purga.

29. El método en cualquiera de los párrafos 1 a 4, 15 a 18, y 37 a 40, donde los contaminantes de aglomerados

incluyendo: Al, As, Cd, Cl, Pb y Hg se reducen de manera significativa en la concentración de los aglomerados de alimentación durante el proceso de induración.

30. El método en el párrafo 1 o 15, donde las trazas de impurezas en la corriente de gas que sale del ciclón de polvo se remueven en una columna de adsorción antes de volver al proceso.

31. El método en el párrafo 29, donde el empaque de la columna empacada se puede hacer de uno o más tipos de adsorbentes, o se usan múltiples columnas empacadas en serie que contienen diferentes adsorbentes en cada columna.

32. El método en el párrafo 30, donde el empacado en las columnas es cualquiera de los siguientes: carbono u óxidos metálicos de Al, Fe, Cu, Zn, Ce y Ca.

33. El método en el párrafo 1 o 15, donde se puede cogenerar electricidad o vapor en el proceso recuperando el calor del enfriador de agregado.

34. El método en el párrafo 1 o 15, donde el polvo y trazas de impurezas generadas durante la induración se remueven a través de un ciclón de polvo y depurador.

35. El método en el párrafo 1 o 15, representado en las Figuras 3-10, donde el calor se genera en una o más de estas fuentes: horno de induración, calentador de rejilla móvil, y el horno de reducción y se puede recuperar ya sea

del enfriador de agregado, y/o el enfriador de rejilla.

36. El método en cualquiera de los párrafos 15 a 19, donde los constituyentes de aglomerado (mineral de fosfato, sílice, coque de petróleo, y arcilla) se trituran de modo que 80% de las partículas son de 200 mesh o menos, incluyendo donde 80% de las partículas son de 325 mesh o menos.

37. Un método para producir pentóxido de fósforo que comprende formar aglomerado de alimentación que exhibe resistencia a la compresión por encima de 50 lb_f (222.4 N), tal como por encima de 70 lb_f (311.3 N), que se produce a través del uso de un sistema peletizador que produce aglomerados de alimentación a la resistencia a la compresión antes de que se caliente en una atmósfera reductora o inerte a temperaturas por encima de 900°C, pero menos de 1180°C, tal como a temperaturas de 950-1100°C durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos, que incluye un mínimo de 60 minutos, que permite que el aglomerado logre la resistencia a la compresión final deseada por encima de 200 lb_f (889.6), incluyendo por encima de 300 lb_f (1334.4 N). El aglomerado de alimentación se produce a través de un sistema de peletizador que hace aglomerados cilíndricos de borde redondeado o por moldeo por inyección para hacer aglomerados esféricos. Estos sistemas endurecen el aglomerado de

alimentación a resistencia a la compresión inicial por encima de 70 lb_f (311.3 N). El aglomerado contiene: partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, suficientes partículas de sílice para que el aglomerado exhiba una relación molar de calcio a sílice menor de uno, relación de sílice a (calcio + magnesio) mayor de 2, y partículas de arcilla desde 2 a 5 por ciento en peso. Las partículas de arcilla pueden contener bentonita.

38. El método en el párrafo 37, donde el calentamiento de los aglomerados se realiza por un horno (un horno de induración separado, ver las Figuras 2, 3, 6, 7, 8). El tipo de horno puede ser un túnel, contracorriente o co-corriente rotatorio.

39. El método en el párrafo 37, donde el calentamiento de los aglomerados se realiza por un calentador de rejilla (rejilla solamente de induración, ver las Figuras 4 y 5). Los aglomerados luego se alimentan al horno de reducción donde se produce el gas de P_4O_{10}/P_2O_5.

40. El método en el párrafo 37, donde el calentamiento del aglomerado se realiza por un sistema de horno de calentador de rejilla (ver las Figuras 3, 6, 7, 8).

41. El método en el párrafo 38, que comprende mantener un lecho de aglomerados que tiene una longitud, mantener el lecho a o por encima de 950°C, pero menos de

1180°C, tal como menos de 1100°C, a lo largo de una fracción sustancial de la longitud de lecho durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos.

42. El método en el párrafo 39, que comprende mantener un lecho de aglomerados que tiene una longitud, mantener el lecho a o por encima de 950°C, pero menos de 1180°C, tal como menos de 1100°C, a lo largo de una fracción sustancial de la longitud de lecho durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos.

43. El método en el párrafo 40, que comprende mantener un lecho de aglomerados que tiene una longitud, precalentado en la rejilla a temperaturas a o cerca de 950°C, y luego mantener el lecho en el horno a o por encima de 950°C, pero menos de 1180°C, tal como menos de 1100°C, a lo largo de una fracción sustancial de la longitud de lecho durante un mínimo de 15 minutos, tal como un mínimo de 30 minutos.

44. El método en cualquiera de los párrafos 37 a 40, donde los constituyentes de aglomerado (mineral de fosfato, sílice, coque de petróleo, y arcilla) se trituran de modo que 80% de las partículas son de 200 mesh o menos, pero incluso cuando el 80% de las partículas son de 325 mesh o menos.

45. El método en el párrafo 43, donde el gas de

escape de depurador de producto ácido se hace que sea reducido y luego se calienta por enfriamiento del producto de agregado de horno de reducción; tal calor recuperado se usa para calentar el lecho de aglomerados en el calentador de rejilla.

46. El método en el párrafo 37, donde se usa un enfriador entre el proceso de induración (rejilla recta, horno, rejilla de horno) y el horno de reducción.

47. El método en el párrafo 37, donde la mayoría del polvo formado durante el proceso de induración se remueve: en la rejilla, después del enfriador y depurador de producto.

48. El método en el párrafo 37, donde los aglomerados se pueden almacenar después del enfriador indirecto.

49. El método en el párrafo 48, donde los aglomerados se pueden almacenar entre 100°C a 1000°C en un tanque aislado bajo una atmósfera reductora o inerte.

50. El método en el párrafo 48, donde los aglomerados se pueden almacenar a condiciones ambientales.

En cumplimiento con el estatuto, las modalidades se han descrito en un lenguaje más o menos específico en cuanto a las características estructurales y metódicas. Se ha de entender, sin embargo, que las modalidades no se limitan a

las características específicas mostradas y descritas. Las modalidades, por lo tanto, se reivindican en cualquiera de sus formas o modificaciones dentro del alcance apropiado de las reivindicaciones adjuntas apropiadamente interpretadas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir pentóxido de fósforo, caracterizado porque comprende:

formar aglomerados de prealimentación que contienen partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, y partículas de sílice;

calentar los aglomerados de prealimentación en una atmósfera reductora o inerte a una temperatura de induración por encima de 900°C a menos de 1180°C y mantener la temperatura de induración durante 15 minutos o más;

formar aglomerados de alimentación y aumentar una resistencia a la compresión de los aglomerados de alimentación por encima de 25 lb_f (111 N) usando el calentamiento, los aglomerados de alimentación exhiben una relación molar de calcio a sílice menor de 1 y una relación molar de sílice a (calcio + magnesio) mayor de 2;

formar un lecho de horno de reducción usando los aglomerados de alimentación; y

generar gas de escape del horno y recolectar el pentóxido de fósforo del gas de escape del horno.

2. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la resistencia al aplastamiento es superior a 50 lb_f (222.4 N).

3. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el calentamiento ocurre en un horno de induración seleccionado de entre un horno de túnel, un horno de co-corriente rotatorio, y un horno de

contracorriente rotatorio.

4. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el calentamiento ocurre en un calentador de rejilla.

5. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la temperatura de induración es desde 930-1125°C.

6. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la temperatura de induración se mantiene durante 30 a 90 minutos.

7. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además precalentar los aglomerados de prealimentación en un calentador de rejilla a una temperatura de precalentamiento desde 950°C a menos de 1180°C antes del calentamiento a la temperatura de induración, que ocurre en un horno de induración.

8. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los aglomerados de prealimentación además contienen partículas de arcilla y además comprende preparar las partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de arcilla, y partículas de sílice de modo que 80% o más exhiben un tamaño menor de 200 mesh.

9. El método de conformidad con la reivindicación

7, caracterizado porque comprende además:

depurar el gas de escape del horno en un depurador de producto ácido y generar un gas de escape de depurador;

producir el gas de escape de depurador de reducción; y

precalentar en el calentador de rejilla usando el gas de escape de depurador de reducción.

10. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además añadir aire de sobre lecho a través de una pluralidad de orificios a lo largo de la longitud del lecho, el aire de sobre lecho entra al margen libre de horno a través de una pluralidad de tuberías verticales que se extienden desde los orificios respectivos a una altura por encima del lecho.

11. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los aglomerados de prealimentación comprenden uno o más contaminantes seleccionados del grupo que consiste de Al, As, Cd, Cl, Pb, y Hg y en donde el método comprende además disminuir una concentración de los contaminantes en los aglomerados de alimentación usando el calentamiento en comparación con los aglomerados de prealimentación.

12. Un método para producir pentóxido de fósforo, caracterizado porque comprende:

formar aglomerados verdes que contienen partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de sílice y un polímero;

secar los aglomerados verdes a una temperatura de secado desde 40 a 300°C, los aglomerados secos exhiben una resistencia a la compresión por encima de 25 lb_f (111.2 N);

calentar los aglomerados secos en una atmósfera reductora o inerte a una temperatura de induración por encima de 900°C a menos de 1180°C y mantener la temperatura induración durante 15 minutos o más;

formar aglomerados de alimentación y aumentar una resistencia a la compresión de los aglomerados de alimentación por encima de 50 lb_f (222.4 N) usando el calentamiento, los aglomerados de alimentación exhiben una relación molar de calcio a sílice menor de 1 y una relación molar de sílice a (calcio + magnesio) mayor de 2;

formar un lecho de horno de reducción usando los aglomerados de alimentación; y

generar gas de escape del horno y recolectar el pentóxido de fósforo del gas de escape del horno.

13. El método de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque la resistencia al aplastamiento es por encima de 100 lb_f (444.8 N).

14. El método de conformidad con la reivindicación

12, caracterizado porque la temperatura de induración es desde 950-1100°C y se mantiene durante 30 minutos o más.

15. El método de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque la temperatura de secado es desde 40 a 150°C y los aglomerados verdes contienen además partículas de arcilla.

16. El método de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque el polímero comprende un compuesto seleccionado entre acrílicos, siliconas, poliimidas reticulables, epoxidos, silicatos de sodio, potasio, o litio, y una combinación de polímeros orgánicos e inorgánicos.

17. El método de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque el polímero comprende $Na_2(SiO_2)_nO$.

18. El método de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque los aglomerados secos comprenden uno o más contaminantes seleccionados del grupo que consiste de Al, As, Cd, Cl, Pb, y Hg y en donde el método comprende además disminuir una concentración de los contaminantes en los aglomerados de alimentación usando el calentamiento en comparación con los aglomerados secos.

19. El método de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque comprende además preparar las partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, y partículas de sílice de modo que 80% o más

exhiben un tamaño menor de 200 mesh.

20. Un método para producir pentóxido de fósforo, caracterizado porque comprende:

extruir un material para formar aglomerados verdes que contienen partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de sílice, y 2 a 5% en peso (base seca) de partículas de arcilla;

secar los aglomerados verdes extruidos a una temperatura de secado desde 40 a 150°C, los aglomerados secos exhiben una resistencia a la compresión por encima de 50 lb_f (222.4 N);

calentarlos aglomerados secos en una atmósfera reductora o inerte a una temperatura de induración por encima de 900°C a menos de 1180°C y mantener la temperatura de induración durante 15 minutos o más;

formar aglomerados de alimentación y aumentar una resistencia a la compresión de los aglomerados de alimentación por encima de 200 lb_f (889.6) usando el calentamiento, los aglomerados de alimentación exhiben una relación molar de calcio a sílice menor de 1 y una relación molar de sílice a (calcio + magnesio) mayor de 2;

formar un lecho de horno de reducción usando los aglomerados de alimentación; y

generar gas de escape del horno y recolectar el

pentóxido de fósforo del gas de escape del horno.

21. El método de conformidad con la reivindicación 20, caracterizado porque la temperatura de induración es desde 1000 a 1100°C y se mantiene durante 30 a 90 minutos.

22. El método de conformidad con la reivindicación 20, caracterizado porque comprende además preparar las partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, partículas de arcilla y partículas de sílice de modo que 80% o más exhiben un tamaño menor de 325 mesh.

23. El método de conformidad con la reivindicación 20, caracterizado porque los aglomerados secos comprenden uno o más contaminantes seleccionados del grupo que consiste de Al, As, Cd, Cl, Pb, y Hg, en donde la temperatura de induración se mantiene durante 60 minutos o más, y en donde el método comprende además disminuir una concentración de los contaminantes en los aglomerados de alimentación usando el calentamiento en comparación con los aglomerados secos.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un método para producir pentóxido de fósforo que incluye formar aglomerados de pre-alimentación que contienen partículas de mineral de fosfato, partículas de material carbonoso, y partículas de sílice y calentar los aglomerados de prealimentación en una atmósfera reductora o inerte a una temperatura de induración por encima de 900°C a menos de 1180°C y mantener la temperatura de induración durante 15 minutos o más. El método incluye formar aglomerados de alimentación y aumentar una resistencia a la compresión de los aglomerados de alimentación por encima de 25 lbf (111 N) usando el calentamiento, los aglomerados de alimentación exhiben una relación molar de calcio a sílice menor de 1 y una relación molar de sílice a (calcio + magnesio) mayor de 2. Un lecho de horno de reducción se forma usando los aglomerados de alimentación, se genera gas de escape del horno, y el pentóxido de fósforo se recolecta del gas de escape del horno.