

CEMENTO

1.INTRODUCCION.

2.PROCESO DE FABRICACION DEL CEMENTO PORTLAND.

3.ESQUEMA DE LA PLANTA.

4.ANALISIS Y PROPIEDADES DEL CEMENTO.

5.MOLINOS VERTICALES.

6.ELECTROFILTROS.

7.CONTROL DE LAS EMISIONES EN LAS CEMENTERAS.

8.NEUMATICOS USADOS COMO FUENTE ENERGETICA EN LA FABRICACION DE CEMENTO.

9.AGRUPACION DE INDUSTRIAS PARA LOGRAR CONTAMINACION CERO.

10.BIBLIOGRAFIA.

ANEXO.

**AUTORES:NAGORE GILISAGASTI PEREZ.
ELI ELORZA URIA.**

INDICE

1.INTRODUCCION.

2.PROCESO DE FABRICACION DEL CEMENTO PORTLAND.

3.ESQUEMA DE LA PLANTA.

4.ANALISIS Y PROPIEDADES DEL CEMENTO.

4.1.Determinación Gravimétrica del sulfato.

4.1.1.Principio.

4.1.2.Procedimiento operatorio.

4.1.3.Expresión de los resultados.

4.1.4.Repetibilidad y reproductibilidad.

5.MOLINOS VERTICALES.

5.1.El diseño 2+2/3+3.

5.2.Plantas para moler escoria y clínker.

6.ELECTROFILTROS.

6.1.Introducción.

6.2.Precipitación Eléctrica.

7.CONTROL DE LAS EMISIONES EN LAS CEMENTERAS.

7.1.Requisitos del análisis y monitorizado de las emisiones.

7.2.Selección del analizador.

8.NEUMATICOS USADOS COMO FUENTE ENERGETICA EN LA FABRICACION DE CEMENTO.

8.1.Introducción.

8.2.Consumo energético del proceso de fabricación de cemento.

8.3.Combustibles para la fabricación de cemento.

8.4.Gestión de neumáticos usados.

8.4.1.Reducción.

8.4.2.Reutilización.

8.4.3.Reciclado.

8.4.4.Valorización.

8.4.5.Eliminación.

8.5.Valorización energética de neumáticos usados en el proceso de fabricación de cemento.

8.6.Conclusiones.

9.AGRUPACION DE INDUSTRIAS PARA LOGRAR CONTAMINACION CERO.

9.1.Producción y residuos de las fábricas de fertilizantes.

9.2.Las materias primas y residuos de las plantas de cemento.

9.3.Problemas y objetivos a la hora de crear un complejo de empresas.

9.4.Ejemplos de complejos de plantas.

10.BIBLIOGRAFIA.

ANEXO.

1.INTRODUCCIÓN.

El cemento se inventó hace aproximadamente 2000 años por los romanos, de forma totalmente fortuita, como ha ocurrido con otros inventos. Al hacer fuego en un agujero recubierto de piedras, consiguieron deshidratar y descarboxilar parcialmente las piedras calcáreas o el yeso, convirtiéndolas en polvo que se deposita entre las piedras. Al llover, dicho polvo unió las piedras entre sí. Los egipcios utilizaron un cemento fabricado con yeso impuro calcinado, que sirvió para unir los bloques de piedra en la construcción de las pirámides. El secreto de la durabilidad del cemento se perdió y en la Edad Media tan solo fue posible fabricar cemento de mediana calidad. En 1756, Smeaton descubrió que los mejores cementos se obtenían al mezclar caliza con un 20-25% de materia arcillosa. En 1845, Johnson fijó las proporciones de materias primas a utilizar, así como la temperatura de cocción, con lo que se asistió al inicio de la industria de cemento Portland. Dicho nombre le fue dado por su similitud con la piedra de Portland. Actualmente, hay tres procesos de fabricación de cemento que utilizan hornos rotativos desarrollados en Inglaterra en 1855: vía seca, vía seca con precalentamiento / precalcinación y vía húmeda.

2.PROCESO DE FABRICACION DEL CEMENTO PORTLAND.

Fig. 1

3.ESQUEMA DE LA PLANTA.

Fig. 2

4. ANALISIS Y PROPIEDADES DEL CEMENTO.

Además de los componentes principales (Ca y SiO₂) y de los secundarios (Al₂O₃, Fe₂O₃ y SO₃ Ca, 2H₂O-yeso-) en el cemento hay otras sustancias en pequeña proporción, como son: alcalis, que suelen provenir de las impurezas feldespáticas de las arcillas; MgO, aportado por arcilla o la caliza, y peligroso por encima de cierto límite (legalmente un 5%) por la lentitud con que se hidrata la magnesia calcinada y la dilatación que la acompaña; CaO libre, por exceso en la dosificación, o defecto de cocción o enfriamiento lento de clínker, que también hace expansivo al cemento.

Otros componentes menores son TiO₂ y P₂O₅, que el análisis da como Al₂O₃; SrO que se da como CaO y Mn₂O₃, que se valora con el Fe₂O₃.

El *análisis químico* comprende la “pérdida al fuego” y el ataque con clorhídrico que disuelve a los cationes y deja un residuo de SiO₂; en el líquido se determinan Fe, Al, Ca y Mg. Aparte se determina el porcentaje de SO₃. Aparte también se valora el “residuo insoluble” que queda después de atacar el cemento con ClH y extraer el residuo de sílice (de los silicatos cálcicos) con sosa al 5%. En muestra aparte se determina la cal libre disolviendo con glicerina y valorando con AcNH₃. La composición química varía según la **Tabla 1**.

El *análisis físico* comprende determinaciones como la finura (residuo sobre los tamices de 900, 4900 y 10000 mallas / cm²); el agua de amasado, que es la proporción agua / cemento para obtener cierta plasticidad (pasta normal); el comienzo y fin del fraguado, por la penetración que la pasta normal permite a lo largo del tiempo a una aguja de un 1mm de sección circular lastrada con un peso determinado; pruebas de resistencia a tracción y a compresión, sobre pasta normal pura o sobre mortero normal 1:3; expansividad, que se mide con los anillos de Le Chatelier.

Tabla 1

Todas estas determinaciones químicas y físicas están **normalizadas**.

4.1.Determinación Gravimétrica del sulfato.

4.1.1.Principio.

Los iones sulfato, que se disuelven en el ataque del cemento por ácido clorhídrico, son precipitados por una disolución de cloruro de bario, al operar en condiciones en condiciones de pH comprendido entre 1.0 y 1.5. La reacción de precipitación se realiza con las disoluciones a ebullición:



Por ultimo, la determinación se efectúa gravimétricamente y se expresa como **SO** .

4.1.2.Procedimiento operatorio.

A 1+ 0.05g de cemento (mg), colocado en un vaso de 250ml, añadir 90ml de agua fría. A continuación, mientras se agita vigorosamente la mezcla, añadir 10ml de ácido clorhídrico concentrado. Calentar moderadamente la disolución y desmenuzar la muestra con el extremo aplanado de un agitador de vidrio, hasta completar el ataque de cemento. Dejar la disolución en digestión, durante 15min, a una temperatura próxima a la de su ebullición.

Sobre un vaso de 400ml, filtrar el residuo a través de papel de filtro medio. Lavar repetidamente con agua caliente hasta que el filtrado este exento de iones Cl⁻, al ensayarse con nitrato de plata.

Llevar a un volumen de unos 250ml; si fuera necesario, ajustar el pH de la disolución a un valor comprendido entre 1.0 y 1.5, para lo cual se emplean ácido clorhídrico 1+11 ó hidróxido de amonio 1+16.

Llevar la disolución a ebullición y mantener esta durante 5min. Confirmar que la disolución es clara; si no lo fuera, comenzar de nuevo el ensayo con otra muestra. Manteniendo la disolución a la temperatura de ebullición y mientras se agita vigorosamente, añadir, gota a gota, 10ml de disolución de cloruro de bario a una temperatura próxima a la de su ebullición. Mantener la ebullición durante 15min, para obtener un precipitado bien formado. Dejar reposar la disolución, de 12h a 24h, a temperatura próxima a la de su ebullición, pero superior a 60°C, y teniendo cuidado para evitar que se concentre por evaporación.

Filtrar el precipitado a través de papel de filtro fino, lavar intensamente con agua hirviendo, hasta que el filtrado este exento de iones Cl⁻, al ensayarse con nitrato de plata.

Calcinar a 925+ 25°C y comprobar la constancia de masa. En general, un periodo de calcinación de 15min es suficiente para obtener la constancia de masa.

4.1.3. Expresión de los resultados.

El contenido de sulfato, expresado como SO₃ se calcula por la fórmula:

Fig. 3

donde:

m es la masa de la muestra de ensayo.

m es la masa de sulfato de vario.

4.1.4. Repetibilidad y reproductibilidad.

La desviación típica de repetibilidad es de 0.07%.

La desviación típica de reproductibilidad es de 0.08%.

5.MOLINOS VERTICALES.

5.1.El diseño 2+2/3+3.

Los molinos con el diseño 2+2 (**Fig. 4**), para moler clinker, escoria y aditivos, utilizan básicamente los bien probados principios de los molinos verticales para el crudo. La principal diferencia entre los molinos 2+2 y los convencionales con 4 rodillos para moler el crudo , son los dos pares de rodillos de diferentes tamaños.

Los llamados rodillos-s preparan el material en el lecho del plato de molienda. Estos rodillos-s son más ligeros y tienen un diámetro más pequeño que el otro par de rodillos, los llamados rodillos-m. Un dispositivo hidráulico permite que los rodillos-s sean posicionados a una determinada altura sobre el plato donde compactan y airean el lecho de material.

Después de esta preparación, el material es recibido apropiadamente por los grandes rodillos de diseño convencional. Las fuerzas requeridas para moler se transmiten a los rodillos-m por medio de los cilindros hidráulicos, unidos a los balancines de los rodillos-m. Todos los rodillos-m se soportan sobre columnas individuales, que a su vez están anclados en la cimentación del molino.

El sistema 2+2 se emplea hasta producciones de 170 t/h. En el caso de que se requiera una mayor producción, se emplea el sistema 3+3, que consiste en 3 rodillos-s y 3 rodillos-m.

Como los rodillos-s no aplican las fuerzas de molienda, sus camisas pueden ser de acero normal. Para los rodillos-m se emplean camisas de fundición de cromo antidesgaste.

Las demandas de mercado obligaron a desarrollar un nuevo separador para incorporarlo en la carcasa del molino. Hoy en día, el nuevo separador de alta eficiencia tipo rotor de jaula, ya esta siendo instalado en todos los molinos Loesche.

Fig. 4

5.2 Plantas para moler escoria y clinker.

El diseño de plantas de molienda con molino 2+2 es muy simple (**Fig.5**). Se recogen la escoria, el clinker y los aditivos de las tolvas de alimentación con cintas dosificadoras y se transportan hasta la entrada del molino. Un separador magnético y un detector de metales son utilizados para prevenir que trozos de metal u otros objetos sean alimentados al interior del molino.

La triple esclusa, operada hidráulicamente, sirve como sello de aire a la entrada del molino. El material alimentado se seca y se muele simultáneamente. Después de que el material ha pasado por el plato y ha sido triturado por los rodillos-m, deja el plato para ser arrastrado por el flujo de gases hasta el separador de alta eficiencia. El producto final deja el molino conjuntamente con el flujo de gases mientras el material rechazado vuelve hasta el del plato y es molido de nuevo.

Dependiendo del modo operativo, se puede recircular los gases al molino o se expulsan por la chimenea. Se puede conectar un generador de gases calientes a la tubería de recirculación, que sirve como fuente de gas caliente en caso de tener que secar el material muy húmedo, como es la escoria granulada de alto horno, la puzolana u otros aditivos húmedos. Con la componente de aire fresco, se puede regular la temperatura del producto.

Fig. 5

La escoria granulada de alto horno contiene cierta cantidad de hierro, en el rango entre 1% y 3%, que se acumula en el plato durante la operación. Estas partículas de hierro se eliminan del plato, cayendo al conducto de gas caliente que se encuentra en la parte inferior del molino. Allí las recogen los rascadores y son evacuadas fuera del molino.

Junto con las partículas de hierro cae también algo de material alimentado. Este material rechazado se transporta con el elevador hasta una tolva de donde se extrae de forma controlada. En las plantas de molienda de escoria, se pasa el material rechazado a través de un tambor magnético, que separa el hierro del resto de los rechazos. El hierro es recogido en contenedores separados, mientras el resto del material se alimenta nuevamente al molino, junto con el material fresco. Esto reduce drásticamente el desgaste de las camisas de los rodillos y el blindaje del plato.

Todo el circuito está completamente cerrado. El transporte del material dentro de este circuito cerrado se realiza por medio de conductos cerrados sin necesidad de transportadores, que podrían necesitar atención durante la operación o mantenimiento. La planta de molienda no requiere de un edificio, sino que puede estar perfectamente al aire libre (**Fig.6**). Comparado con otros sistemas de molienda, el nivel de ruidos de estos molinos es extremadamente bajo.

Fig. 6

6.ELECTROFILTROS

6.1.Introducción.

Las técnicas de control de emisiones de partículas se han dirigido fundamentalmente a la reducción de la cantidad emitida; sin embargo, en la actualidad se observa la necesidad de un cambio cualitativo como resultado de la identificación de las partículas finas ($<2 \mu\text{m}$) como principales responsables de efectos (visibilidad, entre otros) aun cuando constituyan una pequeña fracción de la masa emitida. Por ello, una parte sustancial de la investigación se dirige a la obtención de datos sobre distribución de tamaño en fuente, con el objetivo de establecer las necesidades de control de fracciones finas.

Una parte importante de las dificultades de operación asociadas a electrofiltros proviene de una deficiente evaluación, en proyecto o en especificación, de las características físicas relevantes de la fase particulada.

El movimiento de una partícula es esencialmente el resultado de tres factores: la naturaleza de las fuerzas exteriores, la constante de relajación de la partícula y la resistencia del gas portador, y su naturaleza depende fundamentalmente del rango de tamaño.

La deposición de partículas que deben alcanzar la capa límite laminar próxima al electrodo de depósito, es un compromiso establecido entre las fuerzas eléctricas y las dispersivas, por lo que las causas básicas de pérdida de eficacia son de tres tipos:

- Asociadas al sistema de recogida del sólido depositado.
- Asociadas a las velocidades medias del gas (entre 0.6 y 2m/s).
- Asociadas a la resistividad de las partículas y el depósito.

Las prestaciones de un electrofiltro están fuertemente influidas por el diseño (configuración de electrodos, entrada de gas, elementos auxiliares mecanismo y procedimiento de golpeo, capacidad de evacuación, etc.), es decir, por la velocidad del gas y su tiempo de residencia. Otro factor constructivo de influencia directa sobre la eficacia de separación viene dado por la exigencia de mantener zonas no electrificadas (para alojar los sistemas de sujeción de electrodos y entre tolvas y electrodos) que ineludiblemente representan un cierto *bypass* de gas, y cuya influencia se puede minimizar, que no eliminar, mediante baffles.

6.2.Precipitación eléctrica.

A continuación se describen el conjunto de procesos, consecutivos y/o simultáneos o con solapamientos parciales ya sean directos o indirectos, que conocemos como precipitación eléctrica :

- Establecimiento de un campo eléctrico.
- Generación de cargas eléctricas.
- Transferencia de carga eléctrica a las partículas sólidas.
- Movimiento de la partícula asociada a carga hacia la superficie del electrodo de deposito; en el seno de una suspensión de partículas sometida a un campo eléctrico.
- Adhesión de la partícula carga a la superficie de la placa.
- Desprendimiento de la capa depositada bajo la acción de mecanismos de golpeo.
- Recogida en tolva y evacuación de polvo desprendido.

7.CONTROL DE LAS EMISIONES EN LAS CEMENTERAS

7.1.Requisitos del análisis y monitorizado de las emisiones

Los requisitos para monitorizar en continuo los gases contaminantes en las emisiones de las cementeras son cada vez mas rigurosas, debido a la implantación de normativas restrictivas por parte de las administraciones. Por esta razón, los requisitos para los monitores en continuo (CEM Cotinuous Emission Monitors) han cambiado extremadamente. Valores de emisiones permitidos mucho mas bajos han ocasionado que sistemas de medida utilizados hasta estos momentos, no puedan ser aplicados en adelante por no poder adaptarse a los requerimientos en cuanto a precisión, repitibilidad, rangos, etc.

Ello ha potenciado una nueva generación de CEM que, incorporando los aspectos más experimentados de los diseños tradicionales, con materias y tecnologías de procesado de datos más avanzados, han desplazado completamente a los equipos hasta ahora existentes.

Las especificaciones de la **Tabla 2** son típicas para la mayoría de los sistemas de monitorizado de emisiones de las cementeras modernas.

Tabla 2

7.2. Selección del analizador.

La mayoría de monitores de gases de emisiones son fotómetros de infrarrojos/ultravioletas o de quimiluminiscencia.

La selección de los mismos depende de los gases que deben medirse. En la **Tabla 3** se indican los criterios de selección en fotómetros.

Tabla 3

Viendo la **Tabla 3** de componentes, queda claro que el sistema de infrarrojos es adecuado para las cementeras.

Para evitar el montaje de diferentes analizadores en la chimenea es necesario monitorizar varios gases con el mismo analizador, es decir, utilizando analizadores multicomponente .

8.NEUMATICOS USADOS COMO FUENTE ENERGETICA EN LA FABRICACION DE CEMENTO.

8.1.Introducción.

El principio conocido como 3RVE establece el orden jerárquico según el cual es preferible reducir, reutilizar y reciclar (3R), valorizar (V) y eliminar (E) los residuos. La valorización se presenta como una alternativa a la eliminación que consiste, en general, en enterrar o incinerar los residuos. La valorización energética, a diferencia de la incineración, tiene como objetivo extraer el poder calorífico de los residuos con el fin de sustituir parte de los combustibles convencionales. La valorización energética presenta, por consiguiente dos ventajas: por un lado, se consigue disminuir la cantidad de residuos y, por otro, permite reducir el consumo de combustibles fósiles. Los residuos más solicitados, debido a su alto poder calorífico, son los aceites usados, los disolventes residuales y los neumáticos usados. Es evidente que las industrias que mayor interés presentan por la utilización de este tipo de residuos, como fuente energética, son aquéllas con altos consumos de energía, tales como las industrias pastero- papeleras, de cemento y las centrales térmicas.

En este punto del trabajo se analizarán las ventajas económicas y medioambientales que supone la utilización de neumáticos usados como fuente energética en el proceso de fabricación de cemento. Más específicamente, se expondrá la experiencia vivida por una fábrica de cemento canadiense que ha conseguido incorporar un 15% de neumáticos usados (con posibilidad de aumentar hasta el 20%) como combustible de sustitución del carbón, con lo cual ha podido reducir los costes de operación del horno de clinkerización, además de respetar las normativas de emisión de gases y de partículas sólidas a la atmósfera y de convertirse en una empresa líder de recuperación de neumáticos usados.

8.2.Consumo energético del proceso de fabricación de cemento.

El consumo en la fabricación de clínker está constituido por varios términos entálpicos: entalpía de calentamiento del crudo, entalpía de vaporización del agua, entalpía de descarbonatación y entalpía de fusión. La energía que se requiere para fabricar un kg de clínker es de 4,31 MJ. Tal como ilustra la **Fig. 7**, la entalpía de calentamiento esta compuesta de tres términos. El calor sensible es de 2,05MJ/kg, lo cual supone el 47,5% del consumo total. Por otro lado la deshidratación (fundamentalmente de la arcilla) necesita 0,17MJ/kg, lo que corresponde tan sólo al

4% del consumo global. La descarbonatación del crudo absorbe 1,99MJ/kg, es decir, el 46% del consumo global. Queda, pues, patente que la eliminación del dióxido de carbono de la caliza es un proceso altamente endotérmico. Por fin, se necesitan 0,10MJ/kg para fundir una fracción del crudo 2,5%.

Fig. 7

Es evidente que puede recuperarse una parte importante de la energía aprovechando el contenido calorífico, tanto del clínker como de los gases. Teóricamente podrían recuperarse 2,55MJ/kg de clínker. Tal como indica la **Fig. 8**, las reacciones de formación de silicatos desprenden 0,46MJ/kg. Si se enfría el clínker desde su temperatura a la salida del horno (1450°C) hasta 20°C, se recuperarían 1,50MJ/kg. El enfriamiento del dióxido de carbono desde 900 a 20°C desprende una energía de 0,50MJ/kg. Por fin, el enfriamiento y condensación del agua proveniente de la arcilla permitirían recuperar 0,08MJ/kg.

Fig. 8

Por lo tanto el balance entálpico permite afirmar que teóricamente se necesitarían 1,76MJ para fabricar un kg de clínker. Ahora bien, el consumo mínimo real es de 3,15MJ/kg, ya que existen pérdidas inevitables: 0,63 MJ/kg por los gases y 0,42MJ/kg por el clínker ,debido a un enfriamiento insuficiente. Por otro lado, existen pérdidas térmicas de 0,34MJ/kg al no estar el horno perfectamente aislado. En la práctica el consumo energético requerido para la fabricación de 1 kg de clínker es 3,6-4,5 MJ si el proceso tiene lugar por vía seca sin recuperación y 3,3-3,6MJ cuando se añaden intercambiadores de recuperación, mientras que el proceso por vía húmeda necesita 5-6MJ.

Aparte del consumo de combustibles, es preciso tener en cuenta la electricidad que se requiere para hacer funcionar las trituradoras, los molinos, los motores de rotación del horno, así como ciertos sistemas de depuración de las emisiones gaseosas. Las fábricas de cemento norteamericanas han necesitado para la fabricación de un kg de cemento, una energía media de 4,6MJ/kg, suministrada por combustibles y 0,15 kw.h de electricidad). Esto significa que, por término medio el 90% de la energía proviene de lo combustibles, y el 10% de la electricidad. El consumo energético es tan importante en una fábrica de cemento que el 25-40% del coste de producción del clínker corresponde al combustible consumido. Otras fuentes citan que el corresponde el 20-25% del coste de fabricación del cemento.

Al haberse realizado importantes esfuerzos para reducir el coste energético en los últimos años (por ejemplo sustitución de instalaciones obsoletas e implantación de sistemas de recuperación de energía en los sistemas de precalentamiento-precalcinación) resultará cada vez más difícil mejorar las eficacias energéticas de las fábricas de cemento. Ahora bien lo que si es posible para reducir los costes energéticos es utilizar residuos con potencial calorífico, como fuente de sustitución parcial de los combustibles convencionales.

8.3. Combustibles para la fabricación de cemento.

Debido a la crisis del petróleo en Canadá, entre 1974 y 1989, ha aumentado el uso de carbón y coque en detrimento del fuelóleo y gas natural. Es preciso tener en cuenta que las fábricas de cemento pueden utilizar carbón y fuelóleo con un contenido en

azufre superior al 2% según la normativa sobre la calidad de la atmósfer del Québec (reglamento Q-2, r.20, de 1993), ya que una parte del azufre de los gases de combustión es captada e incorporada al clínker al entrar en contacto con los gases. Durante el periodo de la crisis del petróleo, la utilización del fuelóleo en las fábricas de cemento ha disminuido del 40 al 4%, mientras que el consumo de carbón y coque ha aumentado del 11 al 70%. El resto correspondía al gas natural. Se han intentado emplear otros combustibles. El biogás obtenido en las zonas de enterramiento sanitario es un combustible limpio, pero debe encontrarse cerca de las fábricas. El plasma también podría ser utilizado, aunque presenta el problema de aumentar el consumo de electricidad.

Otra forma de conseguir una economía energética consiste en utilizar combustibles de sustitución, mediante valorización energética de residuos.

8.4. Gestión de neumáticos usados.

En Estados Unidos se generan anualmente 242 millones de neumáticos usados y en Québec, equivalentes a neumáticos de automóvil. Esto significa que cada habitante genera anualmente un neumático usado. En Québec, de los 7 millones generados, tan sólo 2 millones se reciclan o valorizan. De los otros 5 millones se exporta un 10-15% y la diferencia se reparte aproximadamente en partes iguales, entre el enterramiento y el almacenamiento.

Atendiendo al principio jerárquico 3RVE se expondrán a continuación las diferentes vías de gestión de neumáticos usados.

8.4.1.Reducción.

La reducción de la generación de neumáticos usados es posible mejorando las prestaciones de los mismos con el fin de aumentar su vida útil. En los últimos 20 años el tiempo de vida de un neumático se ha incrementado sobremanera. La vida útil de un neumático ha pasado de 40.000 a 100.00km, entre 1975 y 1995. Esto ha sido posible fundamentalmente gracias a la aparición del neumático de estructura radial. El usuario puede igualmente contribuir a aumentar la vida del mismo, mediante un mantenimiento adecuado. De todas maneras, el aumento del número de vehículos ha sido tal que no ha sido posible reducir la generación de neumáticos usados.

8.4.2.Reutilización.

Los neumáticos usados se reutilizan fundamentalmente en “ un segundo automóvil y en medio agrícola. Por otro lado el recauchutado, los neumáticos pueden encontrar una “ segunda vida”. El recauchutado consiste en cambiar la suela y comprobar la carcasa.

Cabe recordar que un neumático esta constituido por una de fibra textil e hilo de acero recubierta por caucho natural y artificial. Este proceso puede aplicarse una vez para los neumáticos de automóvil, dos veces para los de camioneta y de tres a seis veces para los de camión. Es preciso indicar que el recauchutado contribuye a la conservación de los recursos naturales ya que requiere un 35% menos de energía y no consume acero, con respecto a un neumático nuevo. Ahora bien, la industria del recauchutado vive un cierto declive debido sobre todo a la diferencia de precio entre un neumático nuevo y otro recauchutado.

8.4.3. Reciclado.

Los neumáticos usados pueden reciclarse de diferentes maneras: Enteros, en trozos, en polvo de caucho, o mediante el proceso de pirólisis.

8.4.4. Valorización.

La reutilización y el reciclado de neumáticos son insuficientes para el problema que presentan los neumáticos usados. Por consiguiente, la valorización energética puede ser una técnica de gran interés. El poder calorífico de los neumáticos es del orden de 35 MJ/kg, mientras que la madera y el carbón tienen poderes caloríficos de 22 MJ/kg y 25 MJ/kg , respectivamente. Por consiguiente, puede afirmarse que se trata de un excelente combustible. Cada neumático utilizado como combustible permite ahorrar 10-12kg de carbón o bien, 7,5l de petróleo. Los neumáticos pueden quemarse tanto enteros como troceados. Las industrias más sensibilizadas por la valoración energética de los neumáticos son aquellas que consumen grandes cantidades tales como las empresas de cemento que son nuestro caso.

8.4.5. Eliminación.

Las principales técnicas de eliminación son el enterramiento sanitario y la incineración. Dichos métodos no deberían utilizarse sin haberse agotado todas las posibilidades del principio 3 RV.

8.5. Valorización energética de neumáticos usados en el proceso de fabricación de cemento.

Como ya se ha comentado anteriormente, los residuos que pueden utilizarse como combustibles en las fabricas de cemento han de tener un alto contenido calorífico. Tal condición la presentan los aceites usados, los disolventes gastados, los residuos municipales y los neumáticos fuera de circulación. En cuanto a los residuos municipales, cabe destacar que únicamente el 40% del peso puede utilizarse como combustible. Los materiales reciclables (vidrio, metales) se recuperan y los residuos inutilizables se destinan al vertedero. Debido a la tecnología utilizada en la fabricación de cemento, la incorporación de residuos no presenta problemas: El horno opera a altas temperaturas, del orden de 1450°C (mientras que en un incinerador la temperatura de operación está comprendida entre 900 y 1200°C) y la llama se encuentra a una temperatura de 2000°C. Por otro lado el carácter alcalino del clínker permite lavar los gases ácidos (HCl) y los metales provenientes de los combustibles fósiles y de los residuos. Además los óxidos de azufre son neutralizados a sulfato de calcio. Las cenizas de los residuos se incorporan totalmente al clínker.

Por consiguiente las altas temperaturas y el contacto entre las materias primas y los gases son favorables para la destrucción de residuos (incluso si son peligrosos).

La valorización energética de neumáticos usados en las fabricas de cemento presenta las siguientes ventajas económicas y medio-ambientales:

- Existe una reducción de costes de fabricación del cemento, ya que los neumáticos usados, no sólo gratuitos sino que se percibe una prima gubernamental al hacerse cargo de los mismos.
- Los costes de adaptación de una fábrica de cemento con el fin de que pueda quemar los neumáticos usados conjuntamente con el combustible convencional son inferiores a los que ocasionaría la construcción de una unidad de incineración.

Los neumáticos, aparte de ejercer su función combustible, contienen materias de interés en la fabricación del cemento, tales como el hierro presente en la carcasa de los mismos.

No producen residuos, ya que las cenizas resultantes de la combustión de los neumáticos se incorporan al clínker. Por consiguiente, puede afirmarse que la valorización no genera “residuos de residuos”.

Se contribuye a la conservación de recursos energéticos no renovables como son el carbón y el gas natural al reemplazarlos parcialmente por combustibles de sustitución.

Los neumáticos usados se gestionan de forma segura y no se acumulan en la naturaleza, lo cual ya ha dado lugar a graves incidentes medioambientales, con sus consecuentes efectos nefastos para la salud humana. Vale la pena citar la catástrofe acaecida en 1990 en Saint-Amable (Québec, Canadá), en donde ardieron más de 3,5 millones de neumáticos. Los gastos directos fueron de 2,6 millones de CAN\$ (270

millones de pesetas) y los indirectos (descontaminación y restauración de la zona afectada) ascendieron a 12 millones de CAN\$ (1260 millones de pesetas).

En países tales como Alemania, Francia, Grecia y Japón, la valorización de neumáticos usados es una realidad desde hace algunos años. La valorización en Norteamérica ha sido más lenta debido al menor coste de los combustibles convencionales.

Cabe resaltar que el potencial de las fábricas de cemento para incorporar neumáticos usados es enorme: un horno puede quemar entre 0,5 y 3 millones de neumáticos. Gracias a la tecnología Cadence Mid-Kiln Whole Tire Injection System (), es posible procesar neumáticos enteros, con lo cual se evitan los costes de reducción de tamaño de los mismos. Esta tecnología permite introducir los neumáticos, uno a uno, en la zona de calcinación. De esta forma, la combustión tiene lugar a medida que el neumático desciende hacia la parte inferior del horno, que es la parte más caliente del mismo.

Una compañía canadiense que produce anualmente 1 millón de t de cemento se ha beneficiado de un programa gubernamental de primas por valorizar neumáticos usados. Dicha compañía ha incrementado, año a año, el número de neumáticos incorporados al proceso de clinkerización. En 1994, la cantidad de neumáticos quemados fue de 282. Pasó a casi 1 millón en 1995 y a 1,4 millones en 1996. La previsión para 1997 es de 1,7 millones de neumáticos, equivalente al 14,5% del combustible total consumido, pudiendo incorporar en el futuro hasta el 20%. Estas cifras indican el aumento espectacular de la cantidad de neumáticos valorizados ya que, en cuatro años, se ha sextuplicado. Así pues, ha valorizado en 4 años un total de aproximadamente 4 millones de neumáticos (40.000t). Así pues, el ahorro conseguido al utilizar neumáticos como combustible de sustitución es sustancial: por un lado, ahorra anualmente el equivalente a 17.000t de carbón (u otro combustible convencional) y además, recibe del Ministerio de Medio Ambiente una prima de 50 CAN\$ (90 millones de pesetas) anuales. Ahora bien, ha de tenerse en cuenta que han sido necesarios 4 millones de CAN\$ (420 millones de pesetas) para adaptar las instalaciones a la incorporación y control de la alimentación de neumáticos. Resulta obvio que la inversión realizada ha sido fructífera, tanto para la economía de la empresa como para la conservación de los residuos naturales y la gestión de residuos.

Puesto que las cenizas provenientes de la combustión de neumáticos pasan a formar parte del clinker, no puede utilizarse cualquier proporción, ya que si no la composición del cemento obtenido no sería correcta. Por esta razón, la cantidad de neumáticos no debe superar el 20% del combustible total alimentado al horno. Ha de tenerse en cuenta que las empresas de fabricación de cemento desean asegurarse, antes de iniciar cualquier paso para instalar el sistema de valorización energética de neumáticos, que

su suministro es estable y continuo, por lo cual se necesita un sistema de recuperación eficaz.

En cuanto a las emisiones de gases contaminantes y partículas sólidas a la atmósfera, se ha podido demostrar que la valorización energética no presenta ninguna amenaza al cumplimiento de las normativas medioambientales, ya que los niveles de emisión sufren únicamente ligeras variaciones.

8.6.Conclusiones.

Los neumáticos usados son residuos producidos en gran cantidad (por ejemplo en Norteamérica, cada habitante contribuye, en promedio, a un neumático anual). Con el fin de llevar a cabo una correcta gestión de los mismos, es posible aplicar el principio jerárquico 3RVE (reducción, reutilización, reciclado, valorización y eliminación, en este orden). Aplicando el principio 3R, no es posible reducir la ingente cantidad de neumáticos que se van acumulando. Por este motivo, la valorización energética constituye un valioso elemento de gestión. Tiene fundamentalmente interés en las industrias que consumen grandes cantidades de energía. Tal es el caso de las fábricas de cemento.

Se ha puesto de manifiesto que la utilización de neumáticos usados como combustible de sustitución presenta grandes ventajas, tanto de tipo económico (reducción de costes de combustible y de materias primas gubernamentales, entre otros) como medioambiental (reducción de la cantidad de residuos y conservación de fuentes energéticas no renovables).

9.AGRUPACION DE INDUSTRIAS PARA LOGRAR CONTAMINACION CERO.

9.1.Producción y residuos de las fábricas de fertilizantes.

En las plantas de fertilizantes, el proceso que se lleva a cabo es, una vez extraída la roca de la mina, mezclarla y separarla del barro y de la arena por desbaste y flotación, para producir ácido fosfórico por vía húmeda. La roca se digiere con ácido sulfúrico para producir una mezcla de yeso contaminado y ácido fosfórico. La mezcla pasa a través de un filtro rotatorio donde el sulfato de calcio y el ácido se separan. El yeso es introducido en tanques colgantes, donde representa el principal problema de desecho de la industria de fertilizantes. Puesto que se forman 4,5 a 5 Tm de yeso durante la producción de cada Tm de ácido fosfórico, la industria posee un volumen formidable de residuo de yeso de fósforo (PG) con el que debe enfrentarse.

Es bastante probable que la reutilización directa de estos PG dentro de un complejo industrial cerrado para hacer cemento podría eliminar los problemas anteriormente

mencionados. Además anticipa una reducción en los costes de producción tanto en la planta de cemento como en la de fertilizantes por las razones antes mencionadas.

Otra área de la recuperación de residuos que se debe mencionar es la energía “calorífica”. Un complejo de fosfato genera y debe disipar grandes cantidades de energía como calor residual.

Ya en 1968 se informó de que muchas firmas de Estados Unidos habían innovado el proceso de fabricación de los productos útiles como el de H₂SO₄ y cemento a partir del yeso residual.

9.2.Las materias primas y residuos de las plantas de cemento.

Como ya sabemos, el cemento Portland se hace mezclando y calcinando materiales calcáreos y arcillosos en la proporción adecuada. El reemplazamiento de parte o de todos los materiales calcáreos por PG reducirían los costes del cemento como resultado del ahorro en materia prima. Por cada 376 barriles de cemento producidos se necesitan 226 kilos de caliza, 56 kilos de esquisto y 7 kilos de yeso.

9.3.Problemas y objetivos a la hora de crear un complejo de empresas.

Los problemas son dos:

- 1)Bajar los costes de producción
- 2)Eliminar los impactos medio-ambientales adversos de las plantas industriales.

Estos problemas son especialmente severos o extensivos cuando la industria en particular es altamente competitiva, como las plantas de cemento y fertilizantes de las que hemos hablado hasta ahora, y cuando las mismas plantas producen residuos significativos que contaminan el medio ambiente (aire, agua o tierra).

El objetivo principal debe de ser el de minimizar los costes de producción y eliminar todos los impactos medioambientales adversos de una vez.

Para ello debemos determinar con exactitud:

- 1)Tamaño óptimo de cada planta de fabricación incluida dentro del complejo.
- 2)La conveniencia de los productos secundarios (residuos) para su recuperación y reutilización como materias primas para plantas anexas cercanas dentro del complejo (compatibilidad de plantas).
- 3)La valía de la eliminación total de residuos de las plantas implicadas en el complejo.
- 4)Los costes de producción de los bienes primarios cuando se fabrican en plantas separadas y comparados con los mismos si se fabrican dentro del complejo.

En el caso de la unión de una planta de cemento y otra de fertilizantes, no se trata de utilizar simplemente “yeso para cemento”. Sino de crear un plan de un complejo industrial completamente equilibrado. La cuestión no debería ser si la innovación es económica, sino cuanta reducción de costes se puede obtener mediante este complejo

cuando los costes de medioambiente son incluidos y todos los residuos de las plantas del complejo se reutilizan, incluido el exceso de calor.

9.4.Ejemplos de complejos de plantas.

-Fertilizantes + Cementos.(**Fig. 9.**)

-Acería + Fertilizantes + Cemento.(**Fig.10**)

Fig. 9

Fig. 10

10.BIBLIOGRAFIA

-“INGENIERIA QUIMICA”(REVISTA).

Febrero de 1991: La industria española de cemento.

Febrero de 1994: Tendencias en los alimentadores de molinos.

Febrero de 1996: Electrofiltros en planta de cemento.

Febrero de 1997: Nuevo sistema para molienda de clinker y escoria.

Febrero de 1998: Monitorizado de las emisiones en las cementeras.

Neumáticos usados como fuente energética en la fabricación de cemento.

Febrero de 1999: Molienda de clínker, escoria y aditivos con molinos verticales.

-”INTRODUCCION A LA QUIMICA INDUSTRIAL”

Autor: Prof. Dr. Ángel Vián Ortuño.

Ed.Reverté,s.a.

-”TRATAMIENTO DE VERTIDOS INDUSTRIALES Y PELIGROSOS”

Autores: Nelson I.Nemerow.

Avijit Dasgupta.

Ed.Diaz de Santos.

-”MANUAL DE PROCESOS QUIMICOS EN LA INDUSTRIA”

Autor: George Austin.

Ed.Mc. Graw Hill.

-Información adicional del departamento comercial de Cementos Rezola.

ANEXO

espe-1
espe-2
espe-3
espe-4
espe-5
perio-1
mapa-1