

Reducción de emisiones contaminantes NOx, SOx, polvo y mercurio

Janine Keune y Pedro Martín. *Ingenieros de la División de Medioambiente de Lechler.*

En este artículo, sus autores analizan la reducción de emisiones utilizando las últimas tecnologías de control de la contaminación del aire.

1. Introducción

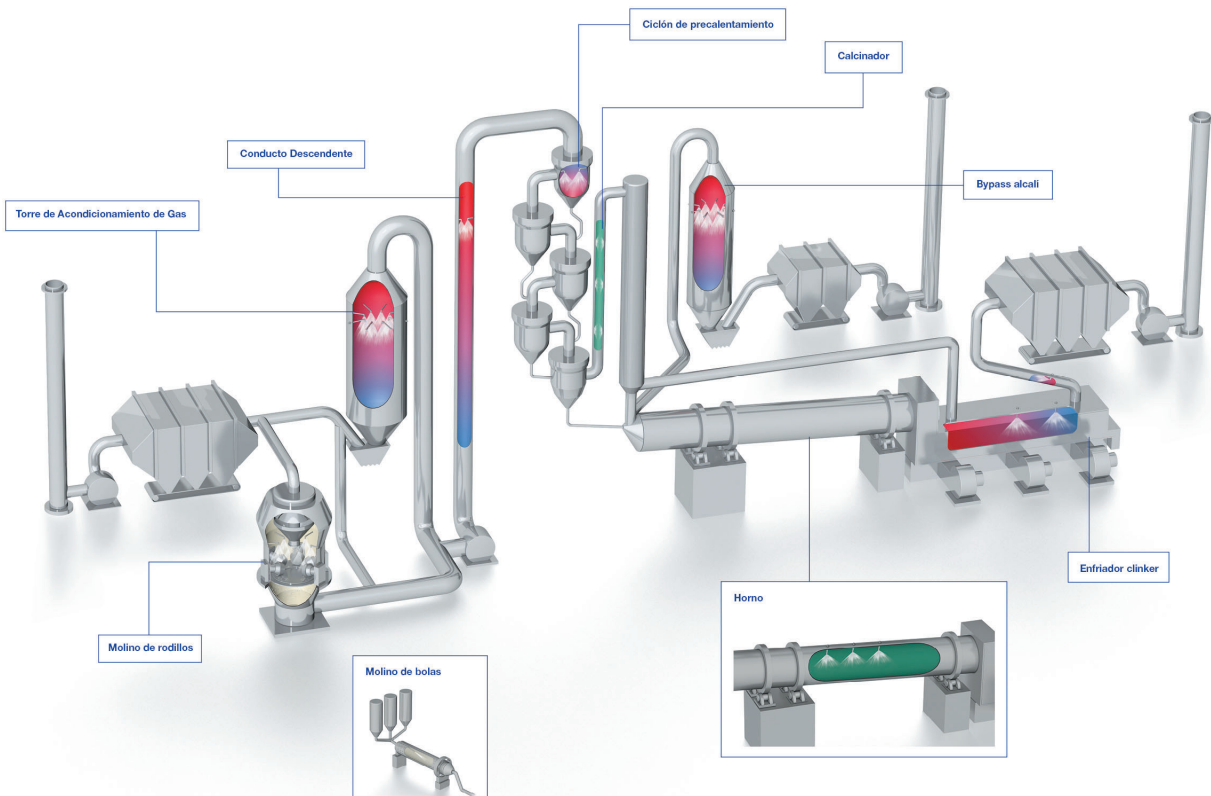
La competencia y condiciones del mercado empujan a los operadores y fabricantes de plantas de cemento a aumentar la producción y reducir el consumo de energía, al mismo tiempo que se aumenta la eficiencia y se intenta ahorrar en costos. A la par, se debe observar el cumplimiento de unas normativas estatales cada vez más estrictas en la protección ambiental,

que presionan de forma constante en pro de la inversión en innovaciones. Por lo tanto, las tecnologías de control de la contaminación del aire juegan un papel cada vez más importante en la industria del cemento.

Los procesos de enfriamiento y acondicionamiento de gas en las plantas de cemento ayudan a la reducción de los contaminantes, principalmente óxido de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SOx), mercurio (Hg) y polvo.

2. Reducción de emisiones por refrigeración del gas

El polvo de cemento puede absorber mercurio y es capturado en filtros de mangas o electrostáticos. Para proteger los filtros de los daños causados por la alta temperatura del gas y para aumentar la eficiencia del filtro electrostático, se instala un siste-



Vista general de las aplicaciones de refrigeración y acondicionamiento de gas en una planta cementera.

ma de refrigeración de gas aguas arriba, en una torre de enfriamiento de gas (GCT) o en el conducto de bajada.

La temperatura es un factor físico que determina la adsorción y se produce a temperaturas de gas más bajas. Por otra parte, la reducción de la temperatura también reduce el caudal volumétrico de gas y por tanto aumenta la concentración de contaminantes, así como el tiempo de permanencia dentro del filtro. Esto es beneficioso para el rendimiento general de eliminación de polvo, logrando una mayor eficiencia, de lo que podemos deducir que la adsorción de mercurio es más eficaz cuanto más baja es la temperatura.

Otra ventaja de la reducción de temperatura del gas es el menor consumo de energía requerido por el ventilador debido a que se reduce el volumen de gas.

Otro efecto positivo de la refrigeración por gas es que al alcanzar temperaturas cercanas al punto de rocío y un volumen de gas de combustión menor, el potencial de interacción entre la cal hidratada y el SO₂ mejora, por lo que se puede reducir el consumo de cal.

La refrigeración por gas ofrece una serie de ventajas que aumentan la eficiencia de la separación del polvo y reducen el consumo de reactivos necesarios para el control de emisiones de mercurio y dióxidos de azufre. Por lo tanto, una planta de cemento puede ahorrar una cifra significativa en costos operativos.

3. La ingeniería al servicio de los nuevos retos

Los sistemas de enfriamiento de gas presentan múltiples desafíos a los operadores de plantas de cemento para garantizar un funcionamiento estable y sin inconvenientes. Para ello se debe lograr una pulverización adecuada generando un tamaño de la gota adecuado para una evaporación en todas las condiciones de operación, dado que el polvo (consistente en materia prima) es sensible al au-

mento de la humedad, y es esencial una evaporación completa dentro de la distancia de evaporación disponible. De lo contrario, podrían producirse pegaduras en la torre de acondicionamiento con los consiguientes inconvenientes.

Como cada torre de acondicionamiento y planta tienen sus propias características, una solución eficiente requiere un diseño a medida del sistema, por lo que se recomienda ponerse en manos de expertos como Lechler que, con su conocimiento profundo de las boquillas y su comprensión de los procesos de pulverización, puede proporcionar soluciones completas a medida: desde lanzas de atomización, hasta sistemas completos de enfriamiento de gas.

4. Uso de la mejor tecnología disponible

El propósito de la inyección de un sistema de enfriamiento de gas es producir la

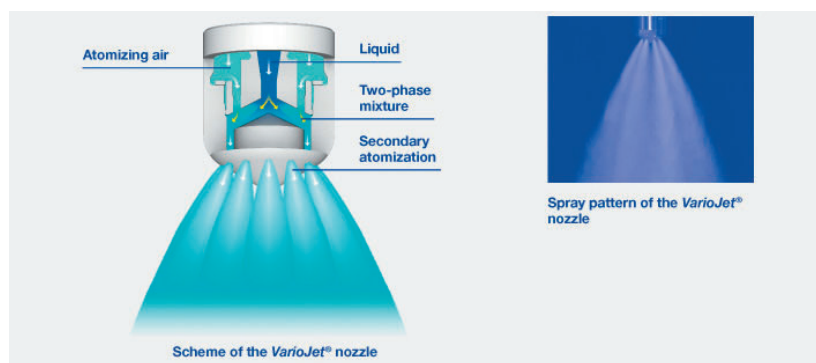
mayor superficie posible de interacción de las dos fases (líquido inyectado y gas a tratar), necesaria para la transferencia de calor y masa mediante la utilización de la mínima energía. Para ello se dispone de boquillas de doble fluido (aire-líquido) y de boquillas de alta presión de líquido con caudal de retorno ("spillback").

Los costos de operación más bajos posibles se obtienen con boquillas "spillback" que no requieren aire comprimido para la atomización, aunque el ratio de tamaños de gota es menor, por lo que no permite modificar el tamaño de gota una vez diseñado e instalado.

Debido a las limitaciones de espacio estructurales, el mercado pide torres de acondicionamiento más pequeñas cada vez, y es principalmente por esta razón por lo que las boquillas de doble fluido suelen ser la única solución posible para muchos proyectos, debido a que necesitan menos distancia de evaporación al producir gotas de menor tamaño. Además, la atomización de doble fluido tiene mayor capacidad para adaptar el tamaño



Esquema de una boquilla "spillback" de Lechler



Esquema de una boquilla VarioJet® de Lechler.



Equipo VarioCool® de Lechler.

de gota. Lechler ha diseñado sus boquillas de doble fluido, como VarioJet® o Laval, para permitir un espectro de gotas finas optimizado para la aplicación con un bajo consumo de aire.

Sólo la comparación a largo plazo de los costos de inversión, mantenimiento y operación, basada en los parámetros locales individuales de cada planta de cemento (operación y confiabilidad del molino, precios de la energía, etc.), brindará a los operadores una buena posición para decidir el mejor sistema.

5. Soluciones completas, probadas y personalizadas

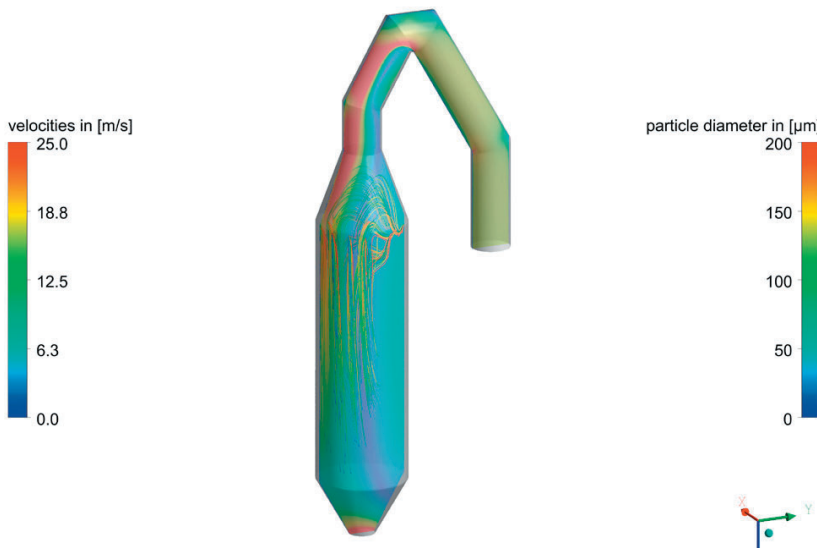
El sistema de enfriamiento de gas VarioCool® es una solución diseñada de acuerdo con los requisitos individuales de cada cliente y sus condiciones del proceso, considerando criterios de diseño tales como la distancia de evaporación disponible, las condiciones del proceso (temperaturas de entrada y salida y volumen variable del gas), distribución óptima de la pulverización, cobertura completa del área y distribución de los gases de combustión.

El equipo de refrigeración VarioCool® está configurado a medida con componentes de fabricantes reconocidos para un funcionamiento continuo, con los componentes funcionales más importantes redundantes. El PLC de control asegura un rendimiento óptimo del sistema ajustando la pulverización de acuerdo con las condiciones del proceso para evitar condiciones adversas.

Otro factor de crucial importancia para asegurar una evaporación completa es la distribución homogénea del gas en la entrada y nivel de las boquillas. Para verificar estas condiciones óptimas se hace uso de un estudio CFD que detectará turbulencias y distribuciones del gas desiguales antes de la implementación, ofreciendo si fuera necesario soluciones con deflectores o placas perforadas. Este estudio CFD también considera la posi-



Flujo del gas antes de la optimización.



Flujo del gas después de la optimización.

ción de las lanzas de inyección para una correcta evaporación, evitando fondos húmedos y pegaduras.

Es importante que el cliente cuente con el soporte de un fabricante que ofrezca altos conocimientos de ingeniería y experiencia en el acondicionamiento de gases, desde el diseño e ingeniería de detalle hasta la puesta en servicio, fase de operación y posterior suministro de repuestos y piezas de desgaste en todo el mundo.

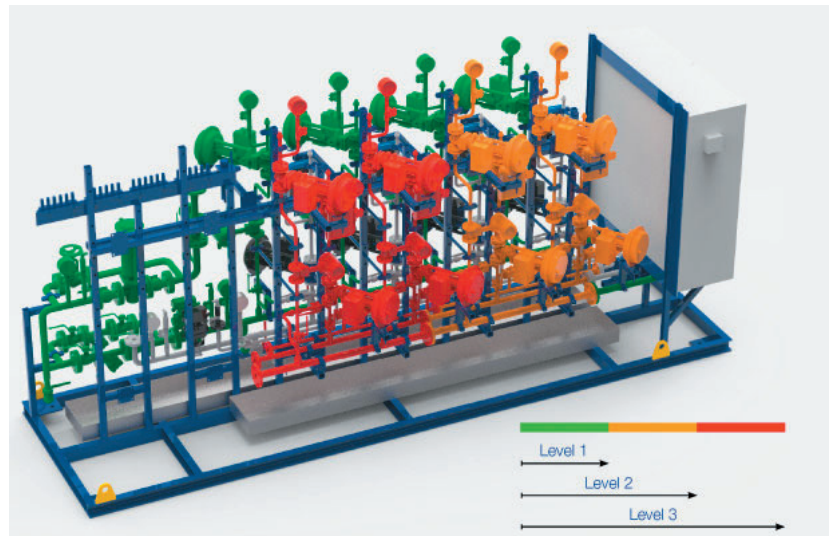
6. Eliminación eficiente de emisiones NOx

El proceso de fabricación del cemento genera emisiones de óxidos de nitrógeno nocivos (NOx) y muchos países ya han reducido los valores límite, algunos incluso hasta una media diaria de 200 mg/Nm³, lo que obliga a las plantas de cemento a adaptar sus sistemas en consecuencia.

A medida que más plantas sustituyen combustibles para obtener valores calóricos más altos, los separadores primarios de NOx (por ejemplo, los quemadores de bajo contenido de NOx) ya no son suficientes para satisfacer una demanda con límites de emisión más bajos. Por este motivo, es necesario introducir medidas secundarias, como inyectar amoníaco acuoso o urea en el gas de combustión para reducir el NOx químicamente.

La eficiencia del proceso de desnitrificación depende significativamente de la ventana de temperatura correcta, el tiempo de residencia de la solución inyectada en esta ventana y la mezcla en el gas del agente reductor con el NOx. Para un uso óptimo del reactivo y por tanto la reducción de los costos operativos, el tamaño de la gota y la velocidad también son de importancia crucial en este proceso.

Para cumplir con las diferentes condiciones del proceso, recomendamos el uso de lanzas de inyección equipadas con boquillas de doble fluido tipo Laval de



Equipo Lechler VarioClean®-NOx.

Lechler. Su gran ventaja, en comparación con las boquillas de un solo fluido, es la capacidad de ajuste del tamaño de las gotas y la realización de un amplio rango de control de caudal para controlar el tamaño de las gotas y la profundidad de penetración, según el tamaño del conducto y los requisitos del proceso. Las boquillas deben producir un espectro de gotas óptimo para asegurar una penetración lo suficientemente profunda en el gas de combustión para una distribución óptima del agente reductor en el flujo de gas de combustión y la evaporación.

Además, un concepto de control correcto puede ayudar a una reacción eficiente y mantener el escape de amoníaco al mínimo. Lechler ofrece un sistema de NOx modular para diferentes límites de emisiones, pudiendo ampliarse con posterioridad para adaptarse a nuevos límites de emisión más exigentes. Las diferentes configuraciones de estos equipos ayudan a las plantas de cemento a cumplir con los niveles de reducción especificados y los valores de escape de amoníaco, pero también reducen el consumo de agente reductor en al menos un 30%, proporcionando un retorno de la inversión rápido y significativo.

El sistema de inyección VarioClean®-NOx se puede actualizar de forma flexible en los tres niveles de configuración de la eficiencia de la planta SNCR (Sistema

de Reducción no Catalítica). Cada configuración está definida por el número de lanzas y niveles de inyección, así como en el software de regulación y sensores para el control de todos los factores de influencia.

7. Conclusión

Las boquillas de inyección juegan un papel importante en el enfriamiento y acondicionamiento eficiente del gas. Para las operaciones de fabricación del cemento, es importante que los operadores de la planta y los fabricantes de equipos cuenten con un proveedor que domine la tecnología y el proceso de pulverización y que pueda ofrecer una asistencia completa. Un sistema de inyección bien diseñado puede reducir los problemas de mantenimiento y los costos de los reactivos para el control de emisiones.

Un sistema de acondicionamiento de gas bien diseñado funciona de manera eficiente y sin interrupciones los 365 días del año. En este sentido, nuestro equipo de ingenieros ofrece su amplia experiencia y soluciones basadas en más de 500 referencias en todo el mundo para la refrigeración de gas en torres de acondicionamiento, conductos, enfriadores de clínker, así como acondicionamiento de gas en de NOx y de SOx.