

Medición óptica de temperatura en instalaciones de combustión

de Albert Book

En el ámbito de las disposiciones legales y los requisitos de autorización, los requisitos para la separación de NOx en los gases de emisión de las instalaciones de combustión con un valor de gas limpio de NOx de <100 mg/Nm³ y con un deslizamiento de NH₃ de <10 mg/Nm³ son elevados. Para cumplir estos requisitos, se debe medir la temperatura en el interior de la caldera como variable de control para las medidas primarias y secundarias de reducción de contaminantes. El informe explica los diferentes sistemas de medición para la medición óptica de la temperatura en instalaciones de combustión.

Los óxidos de nitrógeno provienen del contenido de nitrógeno en los residuos y de las altas temperaturas de combustión, que son necesarias para la destrucción de los contaminantes orgánicos. El objetivo de las medidas de ingeniería de combustión es suprimir en gran medida la formación de NOx ya durante el proceso de combustión. Para lograr con ello una baja emisión de NOx asociada a una combustión completa, las partículas deben permanecer el mayor tiempo posible en la zona primaria de reducción y estar bien mezcladas con el aire de combustión en la zona secundaria. Además, está aumentando la presión sobre los operadores de las centrales eléctricas de carbón y las plantas de incineración térmica de residuos, sustitutos y biomasa para que reduzcan sus costes de explotación. Al mismo tiempo, se realizan esfuerzos para aumentar la eficiencia del horno y minimizar el desgaste de la pared del horno y de los intercambiadores de calor, con el fin de aumentar su vida útil.

Para cumplir con estos requisitos y optimizar el proceso de combustión, el registro correcto y la distribución homogénea de la temperatura en la cámara de combustión juega un papel decisivo. De acuerdo con la Ordenanza Federal Alemana de Control de Inmisión (BlmSchV) y las Instrucciones Técnicas Alemanas para el Control de la Calidad del Aire (TA Luft), las instalaciones de incineración de residuos deben establecerse y explotarse de forma que se mantenga una temperatura mínima de 850 °C para los gases de combustión producidos durante la incineración de residuos o sustancias después del último suministro de aire de combustión, con el fin de mantener las emisiones contaminantes por debajo de los valores límite permisibles. Al incinerar residuos peligrosos con un contenido de halógenos superior al 1 %, el titular deberá garantizar el mantenimiento de una temperatura mínima de 1100 °C. El rango óptimo de temperatura en el que se consigue una reducción notable de NOx se sitúa entre 850 y 1100 °C, dependiendo de la composición de los gases de escape.

En última instancia, el objetivo de los operadores de las instalaciones de combustión es quemar el combustible de forma

más completa mediante un proceso de control de temperatura controlada, producir menos cenizas, cumpliendo al mismo tiempo con los requisitos de emisión de contaminantes y utilizar el menor número posible de agentes reductores. Además, la distribución de la temperatura dentro de un horno tiene una influencia considerable en el desgaste y la vida útil. Si la temperatura es demasiado alta, existe un alto riesgo de escoriaciones en las paredes y en los intercambiadores de calor en muy poco tiempo. Además de la pérdida de eficiencia debida al efecto aislante, los trozos de escoria pueden desprenderse y causar daños mecánicos considerables en caso de caerse. Si la temperatura es demasiado baja, la velocidad de reducción de los óxidos de nitrógeno disminuye, de modo que el amoníaco no se disuelve completamente: Se forma un deslizamiento de amoníaco, que conduce a la formación de sales de amoníaco. Y esto aumenta el desgaste de la planta debido a la corrosión.

Medición de temperatura en instalaciones de combustión

La medición de la temperatura en procesos de combustión es bastante compleja. La selección de los equipos de medición adecuados, el posicionamiento de los puntos de medición y la interpretación de los resultados de la medición en la interacción de las condiciones de funcionamiento, el combustible, el suministro de aire de combustión y de agentes reductores ya plantean un gran reto a los expertos para la optimización del proceso de combustión.

Mucho se basa en el conocimiento empírico y menos en pruebas físicamente deducibles. El mero origen del combustible y, por lo tanto, su tipo y composición, influyen considerablemente en la combustión.

Si, además, se utiliza una técnica de medición inadecuada y poco fiable para registrar la temperatura en los puntos de medición pertinentes, los modelos matemáticos y los sistemas de control adaptativo tampoco pueden funcionar realmente.

Una medición de temperatura estable y significativa es el requisito previo para una base sólida de ingeniería de control.

Medición con termopares

En muchos casos, los termopares se utilizan para la medición de la temperatura, que mide la temperatura en el área de unos pocos centímetros cerca de la pared. Sin embargo, esto

no corresponde necesariamente a la temperatura central de los grandes hornos con unas dimensiones de hasta 20 x 20 m y, en particular, cuando las paredes están equipadas con intercambiadores de calor. Por lo tanto, una declaración sobre la distribución de la temperatura dentro del horno es imposible.

Otro problema de los termopares es el envejecimiento causado físicamente y, por lo tanto, la deriva de los dispositivos. Dependiendo de la temperatura del gas y del contenido de sustancias nocivas, el valor medido visualizado puede cambiar lentamente en cuestión de semanas. Este problema se minimiza equipando puntos de medición redundantes e intercambiando regularmente los sensores, lo que resulta en costes de consumo permanentes.

Además, la inercia de los termopares con un tiempo de reacción de varios minutos evita una reacción rápida a breves cambios de temperatura. Por consiguiente, el nivel de fluctuaciones en el control del proceso es alto.

Medición con pirómetros

Otra posibilidad para medir la temperatura en hornos es el uso de pirómetros. Basado en la Ley de Planck, los pirómetros capturan la radiación infrarroja emitida desde un objeto y la convierten en un valor de temperatura. Dado que el tiempo de respuesta de los pirómetros es de sólo unos pocos milisegundos, también se puede utilizar para reaccionar a cambios

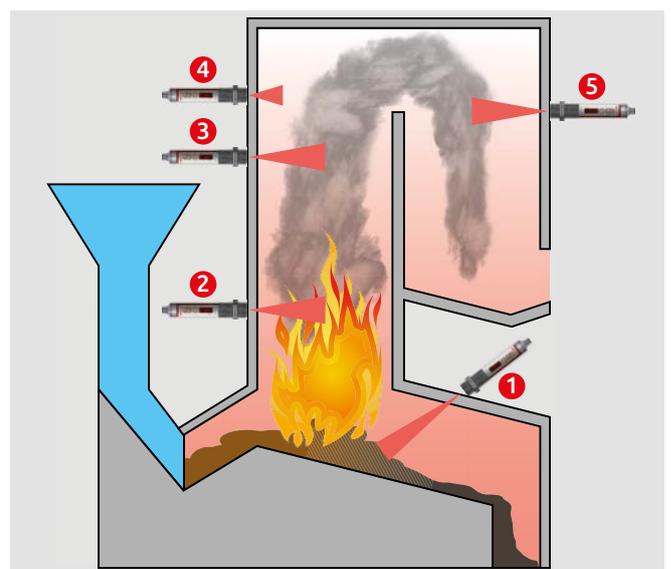


Figura 1 Representación principal de los diferentes puntos de medición en una cámara de combustión
 1: Lecho de brasas, 2: Llama, 3: Gas de emisión dentro de la caldera, 4: Gas de emisión cerca de la pared
 5: Gas de emisión en el segundo tiro

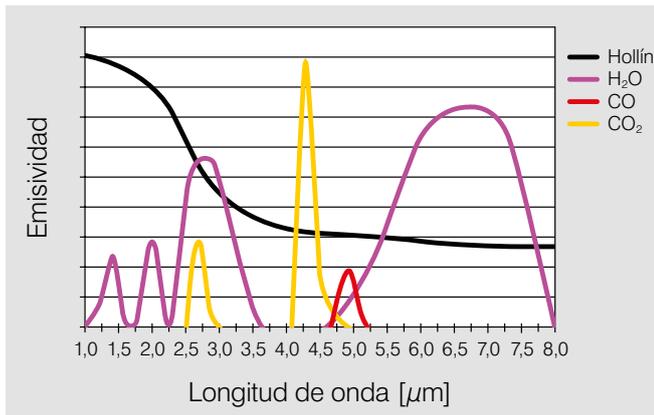


Figura 2 Características de radiación de los gases de combustión

rápidos de temperatura. Los dispositivos modernos basados en la tecnología de luz de onda continua funcionan sin piezas móviles. Por lo tanto, no se desgastan y pueden utilizarse de forma prácticamente indefinida.

Dependiendo de los requisitos y necesidades, los pirómetros se utilizan en los distintos puntos de medición de una instalación de combustión para medir la temperatura del lecho de brasas, las llamas, los gases de combustión calientes o las paredes (Fig. 1). Tenga en cuenta que se requieren diferentes tipos de pirómetros dependiendo de la aplicación.

Medición del lecho de brasas

Cuando se desea medir el lecho de brasas, utilice pirómetros que no puedan ser influenciados por el gas de combustión caliente en el campo de visión hacia el lecho de brasas. Los dispositivos miden en un rango de longitud de onda muy selectivo de 3,9 μm. En este rango, vapor de agua (H₂O) y dióxido de carbono (CO₂) son transparentes y no influyen en el valor de medición (Fig. 2).

Medición de la temperatura de llamas

Para la medición de temperatura sin contacto de las llamas con hollín se utilizan los denominados pirómetros de llama. La medición se basa en el método de medición de cociente, es decir, se detecta la radiación infrarroja en el espectro infrarrojo cercano simultáneamente a dos longitudes de onda y la temperatura se determina a partir de ello. Un algoritmo complejo en los dispositivos asegura que las fluctuaciones en la densidad y el tamaño de las partículas se compensan a lo largo de la sección de medición y no interfieren con el valor medido.

Medición de la temperatura de los gases de emisión

El requisito previo para la medición pirométrica de la temperatura es un objeto que emita radiación infrarroja. Puesto que la con-

centración de partículas en el gas de emisión es bastante baja y no constante, un pirómetro convencional mediría más o menos a través del gas una mezcla de la temperatura de las partículas y la pared opuesta. Por lo tanto, el valor medido dependerá de la densidad de las partículas bajo diferentes condiciones de carga.

Por ello, los fabricantes de pirómetros aprovechan las características especiales de radiación de los gases de emisión y han desarrollado dispositivos con una sensibilidad espectral en el rango de 4,4 hasta 4,8 μm. En este rango los gases calientes que contienen carbono tienen una alta densidad óptica y por tanto buenas propiedades de radiación (Fig. 2).

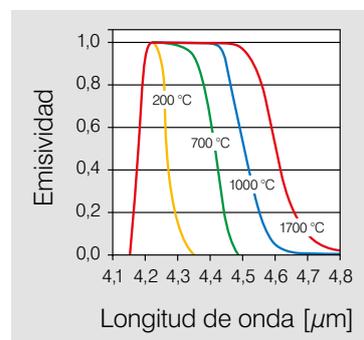


Figura 3 Emisividad del gas que contiene CO₂ en función de la longitud de onda y la temperatura

La emisividad de los gases de emisión depende de la longitud de onda y de la temperatura. Por lo tanto, para medir gases de emisión calientes se deben seleccionar pirómetros de banda estrecha con un rango espectral >4,35 μm, de manera que la radiación infrarroja del gas CO₂ caliente en la cámara del horno sin

que sea perturbada por el gas CO₂ frío que se encuentra cerca de la pared.

En el área cercana a la pared, las temperaturas son significativamente más bajas que en el centro de la cámara de combustión (Fig. 4). Dependiendo de si la temperatura cerca de la pared debe medirse como alternativa a los termopares o la temperatura dentro de la cámara de combustión, que es más

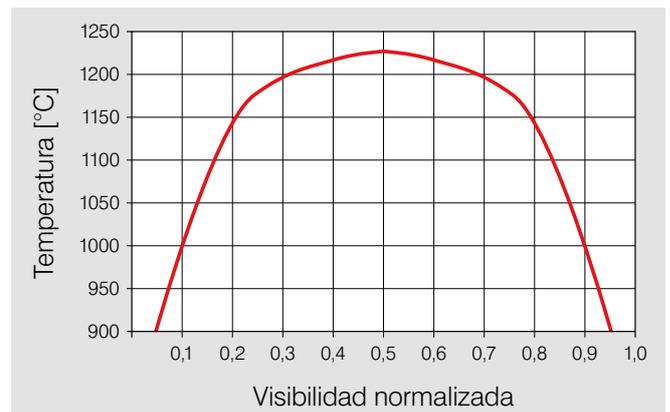


Figura 4 Perfil de temperatura en el interior de la cámara de combustión

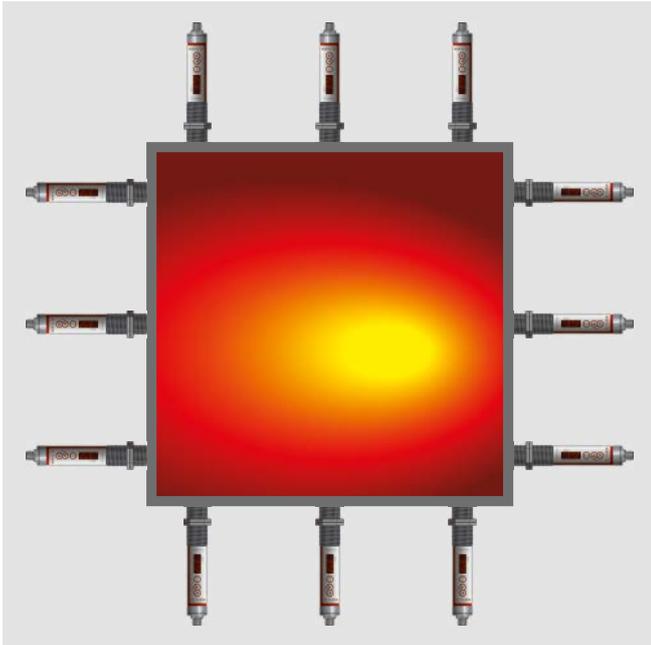


Figura 5 Imagen térmica bidimensional para mostrar el desequilibrio de la distribución de la temperatura

decisiva para el proceso, se deben utilizar pirómetros con una profundidad de visión pequeña o grande. Dado que el gas no es un emisor de superficie, sino un emisor de volumen, un pirómetro determina un valor medio sobre la profundidad de penetración. La profundidad de penetración depende de la concentración del CO₂ en el gas caliente y de su temperatura.

Montaje y selección de pirómetros

Una distribución homogénea de la temperatura en la cámara del horno es crucial para una combustión óptima y un desgaste



Figura 6 Pirómetro compacto con cono óptico estrecho y moderna interfaz digital IO-Link

mínimo. Un perfil de temperatura bidimensional se determina a partir de una matriz de dispositivos. De esta manera, se pueden detectar desequilibrios térmicos e iniciar adecuadas medidas técnicas de combustión primaria (**Fig. 5**).

La figura 1 muestra los puntos de medición típicos en función de la tarea de medición. Al seleccionar los pirómetros, se debe tener cuidado de que los instrumentos tengan un cono óptico lo suficientemente estrecho para poder medir a través de las aberturas del horno, algunas de las cuales son de sólo 1 pulgada de tamaño. Recientemente se están utilizando pirómetros con cámaras de vídeo integradas que, además del valor medido, transmiten simultáneamente la imagen de vídeo para su control visual en un monitor de la sala de control. Para mediciones rápidas de control, el mercado ofrece ahora dispositivos portátiles para las respectivas aplicaciones y puntos de medición (**Fig. 6**).

Para registrar un perfil de temperatura bidimensional, se instalan hasta 3 pirómetros en un nivel por pared. Los pirómetros con interfaces digitales modernas como IO-Link son ideales para la conexión en red y la transmisión de datos sin interferencias.

Conclusiones

Los pirómetros son ideales para resolver las diferentes tareas de medición de temperatura en instalaciones de combustión cuando se seleccionan e instalan correctamente. Al no estar sujetos a desgaste o envejecimiento, funcionan de forma fiable durante un largo periodo de tiempo. Gracias al corto tiempo de respuesta se pueden detectar incluso fluctuaciones rápidas de temperatura y se pueden incorporar inmediatamente al proceso de control.

Sin embargo, debido a la complejidad de la medición de temperatura, es aconsejable contar con el apoyo de expertos en la selección de sistemas de medición, el análisis de valores de medición y la integración en el proceso de control.



Autor

Dipl.-Ing. Albert Book
 KELLER HCW GmbH
 Infrared Temperature Solutions (ITS)
 Tel. +49 5451 85320
 albert.book@keller.de
 www.keller.de/its