

Sonderdruck aus  
Gaswärme International  
Heft 07 / 2003, S. 448 - 450  
Vulkan-Verlag GmbH, Essen

## Optimización de plantas de combustión:

**Problema:** Combustión incompleta

- Pérdida de rendimiento
- Altas emisiones de partículas de CO, NOx

**Tecnología existente:** Control de O<sub>2</sub>

**Tecnología futura:** Método de control empírico de los inquemados (CO, H<sub>2</sub>)

**Objetivo:** Monitorización continua y reducción de emisiones en las plantas de combustión a través del uso de una moderna tecnología de optimización propia.

## Control de CO

### La mejor alternativa a la regulación de O<sub>2</sub> en las plantas donde se quema gas

Un nuevo método empírico para regulación del quemador, basado en una sonda de dióxido de zirconio modificada y usada para medir los inquemados (CO/H<sub>2</sub>) producidos en la combustión, ha sido desarrollada como alternativa a la tecnología existente de regulación de O<sub>2</sub>.

El objetivo es lograr una tecnología de control dinámica y de auto-optimización que pudiera reducir, todavía más, las pérdidas caloríficas en los gases de combustión en las plantas energéticas.

La monitorización y el control de los procesos de combustión, es absolutamente esencial para el ahorro energético y para prevenir el daño al medioambiente, y consecuentemente, a la salud humana. El contenido de oxígeno en los gases de combustión no muestra, por sí mismo, toda la información referente a la combustión. Es por eso, que es particularmente importante, reducir los componentes de inquemados que contienen estos gases. Estos inquemados incluyen monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H<sub>2</sub>). Si la combustión es incompleta siempre existe la emisión combinada de monóxido de carbono e hidrógeno en los gases de combustión.

Con la sonda combinada, KS1 es posible ahora, por primera vez, que los componentes inquemados, sean rápidamente detectados in situ, en los gases de combustión de combustibles gaseosos, sin necesidad de un mantenimiento. De este modo, se puede regular correctamente el proceso de combustión.

### Optimización de plantas de combustión:

<b>Problema:</b>	Combustión incompleta ➤ Pérdida de rendimiento ➤ Altas emisiones de partículas de CO, NOx
<b>Tecnología existente:</b>	Control de O <sub>2</sub>
<b>Tecnología futura:</b>	Método de control empírico de los inquemados (CO, H <sub>2</sub> )
<b>Objetivo:</b>	Monitorización continua y reducción de emisiones en las plantas de combustión a través del uso de una moderna tecnología de <b>optimización propia</b> .

### Principio de medida de la sonda combinada KS 1

La sonda combinada KS 1 tiene una estructura similar al de una sonda de oxígeno potenciométrica.

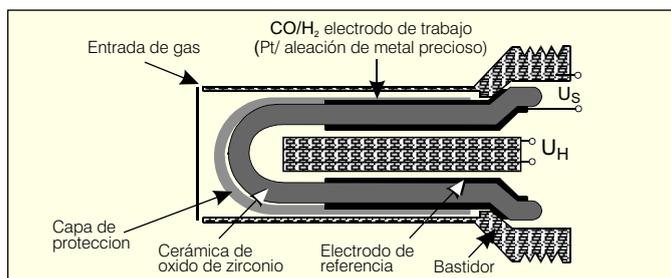


Figura 1: estructura de la sonda combinada KS 1

A diferencia de la sonda de oxígeno, que tiene un electrodo de trabajo con una actividad catalítica alta, en la sonda KS-1, la actividad catalítica del electrodo selectivo de CO/H<sub>2</sub> ha sido reducida deliberadamente. Esto tiene el efecto de impedir que se produzca la reacción de oxidación de los componentes del gas, tales como CO, H<sub>2</sub>, con el O<sub>2</sub>, en la superficie del electrodo.

La tensión obtenida es un potencial mixto, formado por un componente que depende de la reacción de O<sub>2</sub>, y un componente debido de la reacción con el gas oxidable. El potencial mixto es función de la relación de presión parcial de los componentes oxidables al oxígeno, por tanto

$$U = (CO/O_2) \quad \text{o} \quad U = (H_2/O_2)$$

Incluso con bajas concentraciones de gases oxidables, tales como H<sub>2</sub> y CO, el potencial mixto es marcadamente más alto que la señal de una simple sonda de O<sub>2</sub>. El potencial mixto se desarrolla, muy rápidamente, atendiendo a tiempos de t<sub>60</sub> en menos de dos segundos.

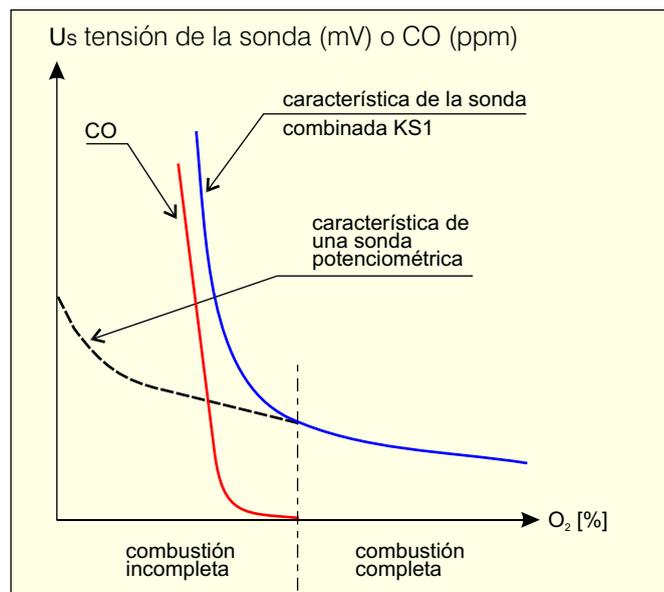


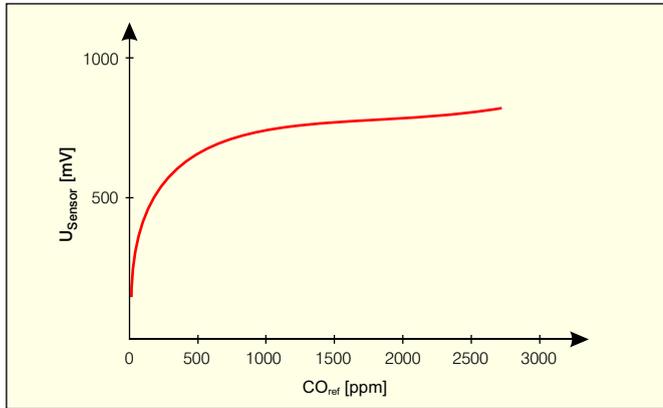
Figura 2: Función U (O<sub>2</sub>) de la sonda combinada KS 1 y de la sonda potenciométrica de O<sub>2</sub> (sonda Lambda) en una combustión de gas, caracterizada por la función CO (O<sub>2</sub>) del quemador.

### Ventajas del control de CO sobre el control de O<sub>2</sub>

- Ahorro energético hasta un 0.5 % a través de la optimización en continuo en cada punto de carga
- Comportamiento de control mejorado debido al, sustancialmente, reducido tiempo de respuesta
- Independiente del aire secundario
- Seguridad de funcionamiento
- Construcción robusta

Una ventaja mas, es el rápido crecimiento de la pendiente de la señal en el rango de  $< 500$  p.p.m. CO, como se muestra en la Figura 3.

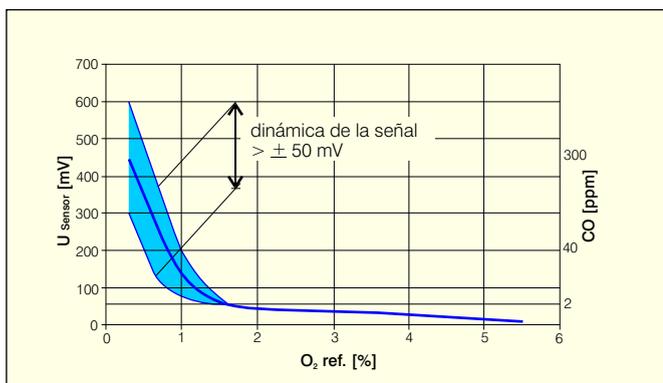
Esto se consigue por la variación de la relación combustible/aire hacia un valor de Lambda más bajo (menos aire, mas combustible), sin influir en el regulador de



**Figura 3: Función del sensor  $U_s = f(CO)$  de la medida de la sonda combinada KS 1 en las plantas de combustión de gas con concentraciones de  $O_2 < 2\%$  vol.**

carga, hasta que el rápido crecimiento de la señal de la sonda KS 1 y su rápida respuesta, indiquen el punto de combustión incompleta (Fig.2/ Fig.4). Desde este punto en adelante, se varía la mezcla combustible/aire lentamente, pero hacia un valor de Lambda mas alto (más aire, menos combustible), hasta que se encuentre el punto de funcionamiento óptimo. Los puntos de operación encontrados están sujetos a un chequeo continuo. Aquellos puntos que sean encontrados de imposible operación serán rechazados y recalculados.

La figura 4 muestra el curso de la señal como un valor de la función de  $O_2$ , medido sobre una planta de referencia de 18 MW (quemador de tiro forzado de gas)



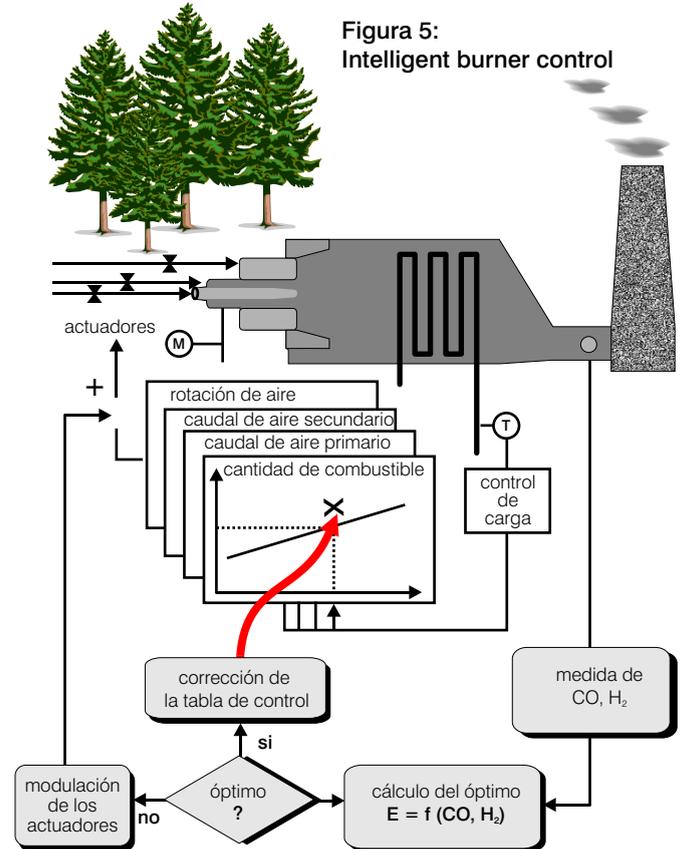
**Figura 4: Respuesta dinámica de la señal del sensor en caso de combustión incompleta.**

### Principio de control:

Cuando el punto de funcionamiento óptimo de la combustión se aproxima al límite de emisión; entonces se fija, mantiene y si es necesario se optimiza aun más y se monitoriza. Este proceso se repite cíclicamente, así que los puntos de funcionamiento óptimo se mantienen

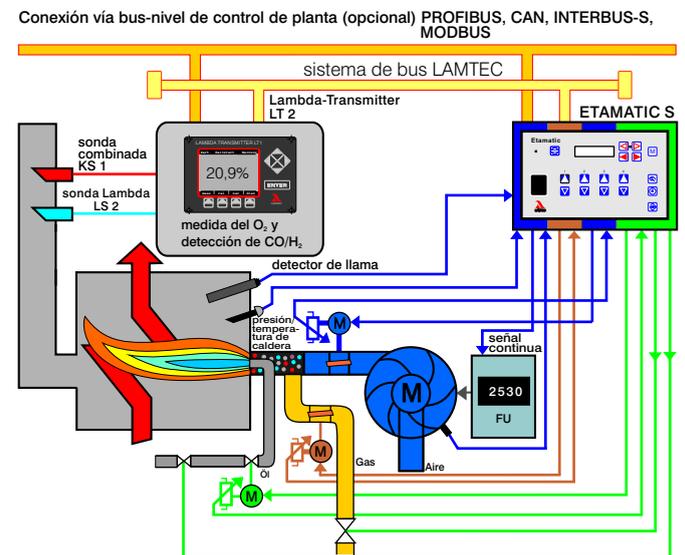
siempre, incluso en condiciones atmosféricas y de planta desfavorables.

Si la sonda combinada KS-1 detecta inquemados ( $CO/H_2$ ), p.e., debido a condiciones específicas de planta sin modificar, el punto de funcionamiento cambia automáticamente hacia un valor Lambda más alto (más aire/menos combustible).



### Ingeniería de planta:

La regulación de CO ha sido integrada, como una herramienta de software, en el control electrónico combinado de aire/combustible de la ETAMATIC/VMS/FMS.



**Figura 6: ETAMATIC S con regulación integral de CO**

El valor de  $O_2$  medido simultáneamente no es requerido para el control de CO actual. Se usa solo con propósitos de visualización y monitorización. Si por razones del proceso de combustión, no es posible ir al límite de CO a lo largo de todo el rango de carga, existe la opción de alternar progresivamente la regulación de CO y la de  $O_2$  dependiendo de la carga. Con quemadores de varios combustibles, es posible seleccionar, de acuerdo al combustible específico, si se activa el control de CO o el de  $O_2$ . La estrategia de control ha sido testada y afinada en las siguientes dos plantas de referencia:

### Referencias:

El primer control de CO entró en funcionamiento en Diciembre del 2001. Hasta hoy más de 300 controles CO están operando. La nueva estrategia de control adaptativo, asegura la operación de la planta de combustión cerca de la eficiencia óptima, de manera independiente de influencias extrañas y con un mínimo de emisiones contaminantes



Figura 7: Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg

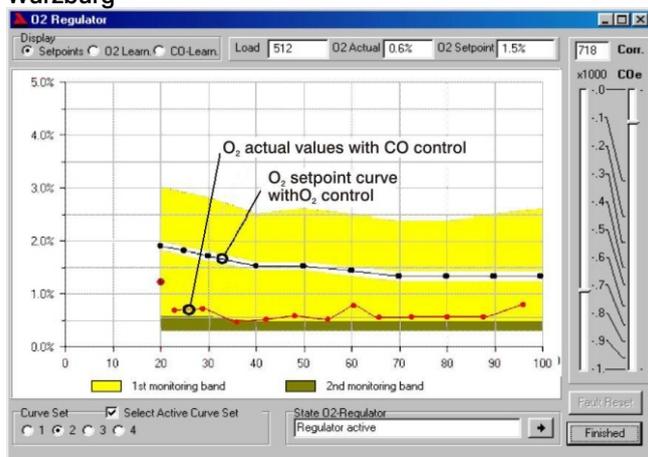


Figura 8: característica de la planta

El control de CO está diseñado de manera segura. El control de CO está probado y aprobado para operación continua por TÜV Bavaria.

Esto significa que, comparándolo simplemente con el control de  $O_2$ , fue posible mejorar el rendimiento de combustión entre un 0.3 - 0.5 %.

### El futuro:

La sonda combinada KS 1-D ha sido especialmente desarrollada para el control de CO en procesos de combustión de potencia media. Con la KS 1-D es posible, por primera vez, lograr mediante un solo sensor, la medición selectiva del oxígeno ( $O_2$ ) y los inquemados ( $CO/H_2$ ) de una manera simultánea. La sonda combinada KS1-D tiene dos electrodos separados para el test del gas, es decir, un electrodo para el oxígeno ( $O_2$ ) y otro para los inquemados ( $CO/H_2$ ).

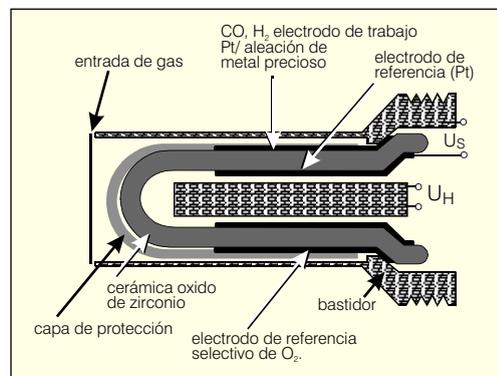


Figura 9: Estructura esquemática de la sonda combinada KS 1-D

El uso del control inteligente de CO no se ha limitado a las plantas industriales de media y gran escala. Con la CarboSEN 1000 (Figura 10), se encuentra disponible un sensor que también permite el concepto de control para ser suministrado en instalaciones domésticas de combustión. El control de CO es también adecuado para todo tipo de hornos de gas y los denominados quemadores de llama azul.



Figura 10: CarboSEN 1000, sensor miniaturizado para detección de inquemados ( $CO, H_2$ ) en gases de combustión