

CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN EN UN QUEMADOR DE CHAMUSCADO DE TELAS OPERANDO CON VARSOL

CARACTERIZATION OF COMBUSTION IN A FABRIC SINGEING BURNER OPERATING WITH VARSOL

I.Q. Juan Carlos Quintana Marín, I.Q. César Camilo Mendoza Sepúlveda & Ph. D. Alejandro Molina
Grupo de Bioprocesos y Flujos Reactivos, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
amolinao@unal.edu.co, amolinao@bt.unal.edu.co

Recibido para evaluación: 16 de Octubre de 2009
Aceptación: 27 de Noviembre de 2009
Entrega de versión final: 18 de Diciembre de 2009

Resumen

La industria textil emplea quemadores de chamuscado para disminuir la cantidad de filamentos rotos (pilling) en la superficie de las telas. Algunos de estos quemadores utilizan como combustible varsol el cual presenta alto costo por unidad de energía suministrada, alta inflamabilidad y emisiones de compuestos orgánicos volátiles nocivos para la salud de los operarios. En este trabajo se caracterizó un quemador de chamuscado de telas que opera con varsol realizando mediciones de flujos de aire y combustible, perfiles de temperaturas aguas abajo de la llama y concentración de CO, CO₂, O₂ y NO_x. Estas mediciones permitieron caracterizar la llama de varsol y definir las características principales que se deben mantener en un eventual cambio a gas natural.

Palabras Clave: Chamuscador de telas, varsol, pilling, gas natural

Abstract

The textile industry uses singeing burners to diminish the amount of pilling on surface fabrics. Some of these burners use Stoddard solvent which has high cost per unit of energy, high flammability and emits volatile organic compounds that pose an occupational safety hazard. This study characterized a singeing burner operating with varsol performing measurements of temperature downstream the burner, air and fuel flows, and concentration of CO, CO₂, O₂ and NO_x. These measurements defined the most important characteristics of the Stoddard solvent flame that should be maintained to obtain a similar behavior in an eventual change to natural gas.

Keywords: Singeing burner, Stoddard solvent, pilling, natural gas

La Figura 1 muestra un esquema del vaporizador de varsol utilizado para generar la mezcla varsol/aire que se emplea como combustible en el quemador de chamuscado. El vaporizador utiliza la misma mezcla varsol/aire para vaporizar el combustible.

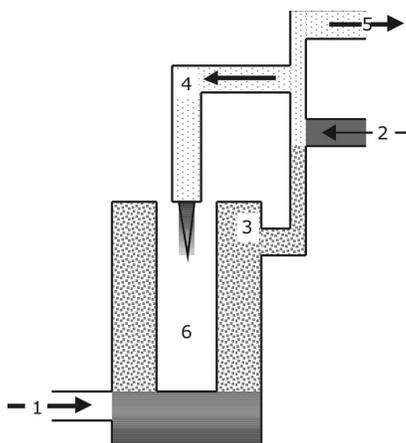


Figura 1. Esquema del equipo de generación de mezcla aire/varsol en fase vapor utilizada en un quemador de chamuscado de telas. 1. Entrada de varsol líquido 2. Entrada de aire 3. Vapor de varsol 4. Mezcla aire-varsol utilizada para evaporar 5. Mezcla aire-varsol utilizada para chamuscar la tela 6. Evaporador.

El flujo de aire se determinó considerando la velocidad mediante un tubo pitot según la norma NTC 4444 (Icontec, 1998) y el área seccional del ducto. El flujo de varsol se determinó con base en el consumo de líquido en un tiempo determinado. Todas las mediciones de temperatura y emisiones se realizaron con la máquina sin tela.

Para las mediciones de temperatura en el quemador se utilizó un sistema coordinado como el que muestra la Figura 2. La fuerza de la gravedad ocurre en el sentido negativo z , mientras que el eje x representa un alejamiento del quemador. El origen del sistema coordinado se ubicó en el centro de quemador que tiene un ancho (dimensión z) de 1,5 cm y un largo (dimensión y) de 2 m.

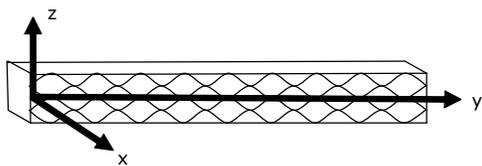


Figura 2. Sistema coordinado utilizado en la medición de temperaturas en el quemador

Dada la gran cantidad de compuestos presentes en el varsol y para simplificar los cálculos de dosado relativo se asumió que el varsol está compuesto por decano ($C_{10}H_{22}$). Si bien esta es una simplificación del problema que se piensa eliminar en estudios futuros, el decano es uno de los compuestos más importantes del varsol (ASTDR 1996). La Tabla 1 presenta las propiedades fisicoquímicas utilizadas para representar el varsol. Los datos de poder calórico y densidad son los correspondientes a los medidos para el varsol por un laboratorio comercial como se indicó en el párrafo anterior. Las demás propiedades se obtuvieron de Turns (2002).

Tabla 1. Propiedades del decano con el cual se representa el varsol

Propiedad	Valor
Peso molecular (g/mol)	142,28
Densidad (kg/m^3)	780
Poder calórico (kJ/kg)	41389,24
ΔH_{vap} a 447,3K (kJ/kg)	272,35
$C_{p,liq}$ (kJ/kgK) a T(298,15 K – 424 K)	2,2763
Temperatura de llama adiabática (K)	2277

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización del quemador de chamuscado con varsol

El dosado relativo (\bar{O}) representa el cociente entre la relación aire/combustible real y la estequiométrica. Con los datos de flujo de aire y de gas se calculó el valor de \bar{O} como 1. Si bien este valor está por ligeramente por encima de aquel que se reporta como típico para la mayoría de aplicaciones industriales (del orden de 0.95), no representa una mezcla lo suficientemente rica para producir hollín, lo cual está de acuerdo con la no presencia de apreciable radiación de cuerpo negro en la llama de varsol.

La Figura 3 presenta el perfil de temperatura en dirección perpendicular al quemador (eje x , Figura 2) y justo en el centro del quemador ($z = 0$). En la Figura 3 llama la atención la alta temperatura de los gases justo a la salida del quemador. Se esperaría una temperatura menor, cercana al punto de ebullición del varsol dado que el varsol ingresa en fase vapor al quemador. Sin embargo, dado que las mediciones se realizaron justo en el centro del quemador ($z = 0$) es de esperar que las llamas que se forman para valores

concentración de CO se dividió por un factor de 100. En todos los casos, para $z < 0$, se observa que la concentración de CO está por encima del máximo rango de medición (5000 ppm), esta es la razón de la línea recta en esta región. Es interesante cómo la concentración de CO disminuye a medida que z aumenta. Este aumento va acompañado de un incremento en la concentración de oxígeno sugiriendo arrastre de aire entre los gases de combustión al aumentar la altura sobre el quemador.

La presencia de CO y NO_x para todos los valores de X en la parte inferior del quemador ($z = -10$ mm) es un resultado inesperado y difícil de explicar. Es posible que se deba a la presencia de CO y NO_x en la mezcla aire varsol proveniente de la llama que se utiliza para calentar el varsol líquido (ver Figura 1). De ser así, el NO se reduce rápidamente una vez se forma la llama laminar, pero la concentración de CO se mantiene alta como consecuencia de la combustión. A medida que se aumenta la altura sobre el quemador se produce una región donde se encuentra un nuevo pico de concentración de NO el cual coincide con el pico de temperatura en la Figura 4 y que indica la región de máxima temperatura en la llama.

La Figura 6 muestra también que a medida que Z aumenta por encima de 5 mm, a diferentes valores de X , la concentración de oxígeno se acerca a la del aire (~21 %), lo cual confirma arrastre de aire en esta región. Este resultado entra en conflicto con la temperatura del gas que se reporta en la Figura 4 la cual muestra temperaturas superiores a 1000 K cuando

Z es superior a 5 mm. Estas temperaturas solo pueden explicarse por inexactitudes en la medición del perfil de concentración de gases dado el amplio diámetro de la sonda utilizada en la medición. Por lo anterior se considera que el perfil de concentración solo se debe entender como una muestra de la tendencia de lo que sucede aguas abajo del quemador.

3.2. Ahorro energético mediante el cambio a gas natural

Fuera de las ventajas del sustituir varsol por gas natural al disminuir los riesgos para la salud y la seguridad industrial, el uso de gas natural ahorraría la energía necesaria para evaporar el varsol. Un simple balance de masa y energía permite estimar un ahorro del 1,5 % en energía cuando se utiliza gas natural en vez de varsol. Este valor se encuentra al considerar la energía necesaria para evaporar una cantidad específica de n-decano. Es decir, es la razón entre el calor de evaporación del n-decano y su calor de combustión. Esta es una aproximación que considera la mínima cantidad de energía que se podría ahorrar en el sistema. Un análisis más complejo debería considerar las pérdidas por energía radiante y convectiva en el evaporador que se muestra en la Figura 1. Si bien esta cantidad es pequeña, este ahorro podría ser importante a largo plazo.

Adicionalmente, si se considera el alto costo de varsol por unidad de energía cuando se compara con el gas natural (relación de 4 a 1), una eventual sustitución a gas natural presenta obvias ventajas.

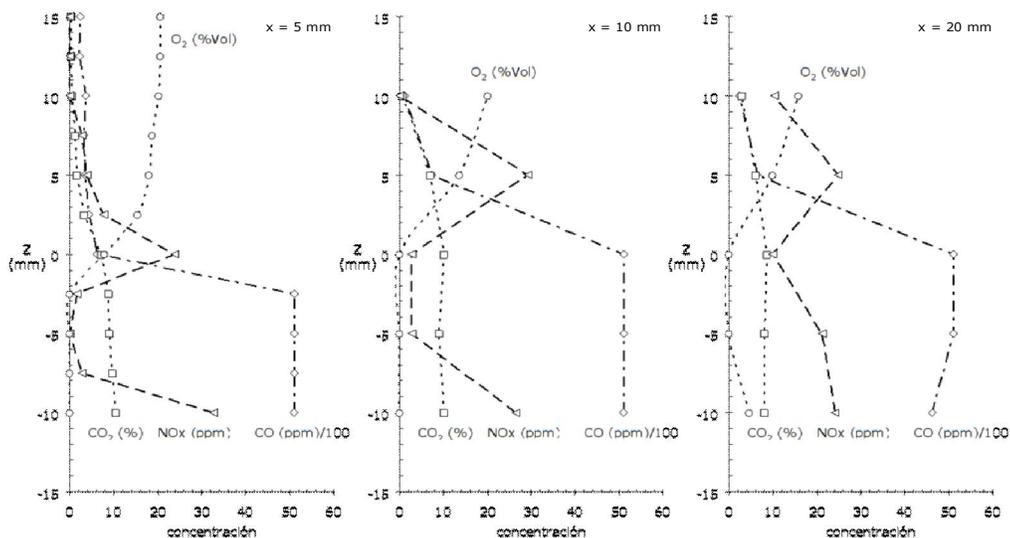


Figura 6. Perfil de concentraciones paralelo al quemador (eje z , Figura 2) a distintas distancias perpendiculares al quemador. Concentraciones en base seca, CO₂ y O₂ en % vol., NO_x y CO en ppm. Concentración de CO dividida por 100.