

Utilización de la zeolita para disminuir los gases tóxicos de los motores de combustión interna.

J. L. Reyes González, F. Tellez Granda, O. Lee Sánchez.

Facultad de Ingeniería Mecánica.

Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (ISPJAE).

Grupo de Motores Térmicos. Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables

Calle 127 s/n, CUJAE, Marianao 15, Ciudad Habana, Cuba.

Teléfono: 53 7-260 2267, Fax: 53 7-267 7129.

E-mail: jose Luis@mecanica.ispjae.edu.cu

(Recibido el 19 de Abril 2001, aceptado el 14 de diciembre del 2001).

Resumen

En el trabajo se presentan los resultados obtenidos al utilizar la zeolita natural cubana para la disminución de los gases tóxicos que los motores de combustión interna MCI. envían a la atmósfera. Los experimentos fueron realizados en bancos de pruebas de MCI. tanto para motores de carburación como para motores diesel. Obteniéndose eficiencias de disminución del CO del 80 %, del CnHm del 50% y el humo negro en un 90%. Se demuestra la importancia de la granulometría de la zeolita para esta eliminación y para mantener la potencia del motor dentro de rangos aceptables.

Palabras claves: Toxicidad, zeolita, medio ambiente, filtros, gases de escape.

1. Desarrollo.

La zeolita se utilizó para la construcción del primer filtro cubano dado que:

- En la literatura se plantea que tiene un poder de adsorción sobre los gases tóxicos que envían los MCI a la atmósfera (1)(2).
- La facilidad de su obtención en Cuba.
- Los filtros se hacen menos costosos

Durante la investigación fue necesario desarrollar una metodología de cálculo para la obtención del volumen necesario de zeolita. Esta se basó en la metodología propuesta por el investigador Komarov N.I en un simposio sobre toxicidad ambiental en Moscú (3) el cual planteaba que:

$$V = Q_g / W \quad (m^3) \quad [1]$$

Donde:

V: Volumen del elemento filtrante.

Q_g : Flujo de gases.

W: Velocidad volumétrica que depende de la actividad química del catalizador, de la forma y dimensiones de

los elementos catalíticos y del contenido de los gases de escape, se asume como $100000h^{-1}$.

Es importante determinar el valor de W para la utilización de la zeolita, para obtener este fue necesario hacer un filtro de volumen variable, el cual permite encontrar la influencia del volumen en la eficiencia del filtro, los volúmenes fueron calculados por la metodología anterior para el motor ZIL -130, siendo este $0.136m^3$ por tanto:

$$V_I = 0.136 m^3$$

$$V_{II} = 0.204 m^3$$

$$V_{III} = 0.272 m^3$$

$$V_{IV} = 0.408 m^3$$

Para cada volumen se realizaron mediciones con el motor trabajando en marcha en ralentí, midiéndose temperatura de los gases, cantidad de CO y CnHm, a la entrada y salida del filtro, en el gráfico 1 se puede observar la variación de la eficiencia contra el tiempo para la utilización del volumen IV.

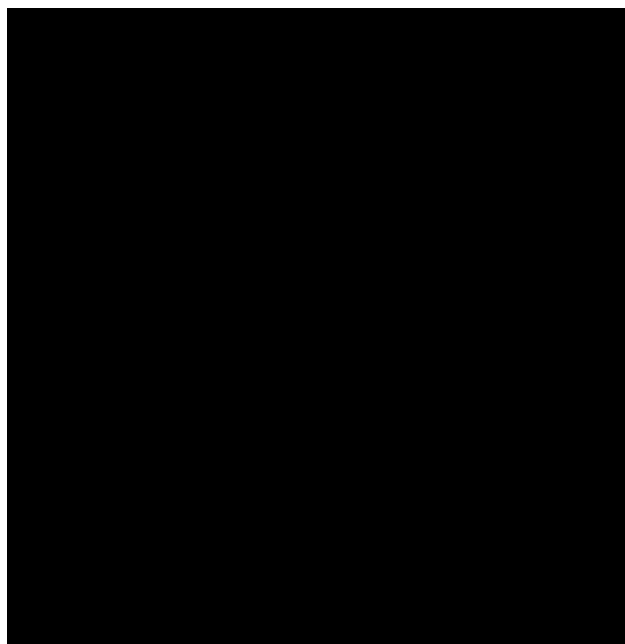


Figura 1. Variación de la eficiencia contra el tiempo.

Para encontrar el volumen adecuado de zeolita se aplicó el método de diseño de experimento completamente aleatorizado por medio del análisis de varianza, llegándose al análisis de los contraste para el CO y CnHm. En la Tabla 1 se muestra para el caso del CnHm el cual fue el predominante.

Tabla 1 Contrastes para el CnHm.

Contrastes	Diferencia	+/- Límite
$V_I - V_{II}$	-7,5	7,67
$V_I - V_{III}$	-26,25	7,67
$V_I - V_{IV}$	-50,91	7,67
$V_{II} - V_{III}$	-18,75	7,67
$V_{II} - V_{IV}$	-43,41	7,67
$V_{III} - V_{IV}$	-24,66	7,67

Se puede observar que entre el volumen II y IV, que fueron seleccionados como mejores en la eficiencia del CO existe una diferencia de 43,4 a favor del volumen IV, por lo tanto se escoge este dado que lo determinante es la variación de la eficiencia de CnHm con el volumen.

Para la validez de estos resultados fue necesario demostrar que:

- La eficiencia se distribuya según una normal.
- La varianza de la eficiencia se mantenga constante para cada volumen.
- Los residuos sean independientes.

Teniendo en cuenta los resultados para la eliminación del CnHm para los motores de carburación y la resistencia permisible a la salida de los gases de escape, es necesario realizar un aumento del volumen calculado de zeolita por la metodología en tres ocasiones, lo cual implica que la fórmula de cálculo será $V = Qg / W \text{ m}^3$ siendo $W = 33\,333 \text{ h}^{-1}$. Al obtenerse las correcciones necesarias a la metodología, se logra poseer una herramienta para el cálculo de los filtros de zeolita.

Para aumentar la eficiencia del filtro se trabajó en la granulometría de la zeolita, al disminuir el tamaño del grano era posible tener una mayor área de contacto entre esta y los gases que pasan por el filtro, por lo cual se aumentaba el poder adsorbente de la zeolita, sin embargo al disminuir mucho el grano, se aumenta la resistencia de los gases a la salida, por lo que se decidió tomar aproximadamente los valores recomendados para otros productos los cuales están en el rango de 4 - 8 mm. (4)(5)(6).

Para comprobar el posible aumento de la eficiencia se preparó un experimento bajo las mismas condiciones que los anteriores, se utilizó la zeolita de la cantera de San Andrés (clinoptilolita) la cual se pasó por tamiz hasta llevarla a dimensiones de 4 - 8 mm, llenándose el filtro de un MCI y realizando los experimentos durante 6 horas cambiándose luego la zeolita, repitiéndose esto tres veces, uno de los resultados se muestra en la figura No. 2.

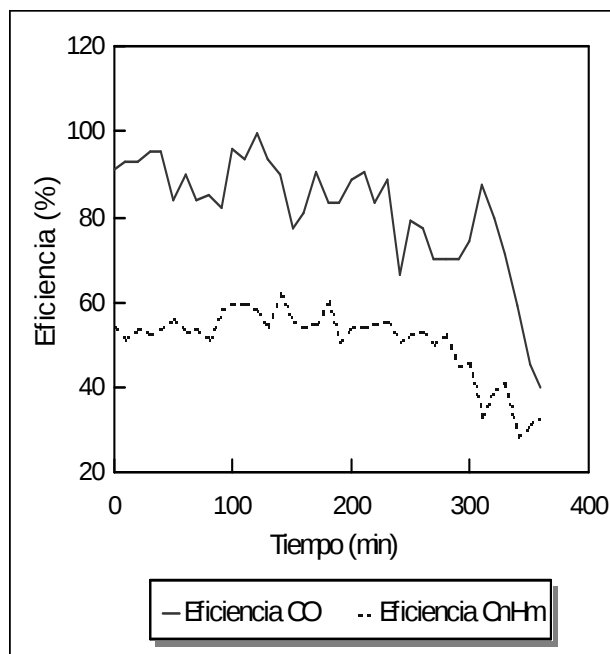


Figura 2: Variación de la eficiencia contra el tiempo

Para la obtención de un modelo matemático que tenga en cuenta la eficiencia del filtro en función del tiempo de trabajo del mismo se empleó la opción paso a paso del análisis de regresión del *statgraf*, como variable dependiente está la eficiencia y como variables independientes están t , t^2 , t^3 y t^4 , siendo t el tiempo de trabajo del filtro.

Para el CO.

Al introducir todas las variables, se obtiene un modelo que solo tiene en cuenta t^4 con un coeficiente de determinación 0,65642.

Al eliminar esta variable y repetir el paso a paso con t , t^2 y t^3 , se obtiene un modelo que admite todas las variables con un coeficiente de determinación de 0,69123, que es el escogido, siendo el modelo:

$$\eta_{CO} = 95.150093 - 0.201862t + 0.001474t^2 - 0.00000347t^3$$

Para el CnHm..

Las variables seleccionadas por el paso a paso fueron t y t^4 , con un coeficiente de determinación de 0.67031, siendo el modelo:

$$\eta_{CnHm} = 52.201167 + 0.039629t - 0.00000000217t^4$$

Para que estos modelos tengan validez tienen que cumplirse los requisitos para efectuar las inferencias acerca de la regresión. Como esta y sus requisitos han sido satisfactorios se llega a que el modelo matemático estima la eficiencia del CO con una dispersión del 6.6 % y el del CnHm del 5.14 %.

En el caso del Diesel se siguió un proceso semejante al de Carburación llegándose a que la eficiencia de disminución del humo está en el orden del 93 %.

2. Conclusiones.

La metodología de cálculo planteada para obtener el volumen de los elementos filtrantes con el objetivo de disminuir los gases tóxicos, puede ser utilizada en el

diseño del filtro tomándose como velocidad volumétrica de la zeolita: $33\ 333\ h^{-1}$.

- Al aumentar el volumen de zeolita se aumenta la efectividad del filtraje del CnHm y no cambia significativamente la del CO.

- La granulometría de la zeolita es determinante en la eficiencia de la eliminación de gases tóxicos, esta debe estar entre 4 y 8 mm.

- Con la zeolita se puede disminuir la cantidad de CO en un 80 % y los CnHm en un 50 % en los motores de carburación, el porcentaje de humo en los Diesel en un 90 % y el NO_x en un 50 %.

3. Recomendaciones.

Se recomienda investigar el tiempo de saturación de la zeolita.

4. Bibliografía.

1. Masarroni, Luisa, "Esponja ecológica". Revista Ciencia Hoy. Editada por la Sociedad Brasileña para el Progreso de la Ciencia. Sao Paulo.Brasil. Mayo, 1994.
2. Llabre, G., "Efecto tamiz y molecular en zeolitas naturales" Trabajo de Conferencia. Tbilisi. 1988 e informaciones del CIQ. 1989.
3. Komarov, N. I. "Toxicidad de los MCI y vías para su disminución. "Simposio Toxicidad en los MCI y vías para su disminución". Moscú. 1966.
4. B.Engler. "Automotive Exhaust Gas Catalysis Surfaces Structure and Activity". Elsevier Science Publishers". B.V.Amsterdam.1990.
5. Morgan, C. B. "Vigilancia de la atmósfera en las zonas urbanas". Informe especial No. 2 sobre el medio ambiente humano. OMM-312, Ginebra 1989
6. Wilson, D. "Reactor catalítico". Patente 1476526 Sep.1977.

The utilization of Cuban zeolites in the decrease of toxic gases emissions of internal combustion engines.

Abstract.

In this paper are presented the results of the utilization of Cuban zeolites in the decrease of toxic gas emissions to atmosphere of internal combustion engines, (MCI). The experiments were carried out in test bank for gasoline and diesel engines. The efficiency in the decrement of CO was of 80%, CnHm in 50%, and 90 % in soot. The size of the zeolites particle importance in the efficiency is demonstrated.

Key words: Toxicity, zeolite, enviroment, filters, gas emissions.