

Tema A2a Materiales: Estudio de las propiedades mecánicas de silicones.

“Materiales para sellos hidráulicos de uso en calefactor solar”

Casandra F. Vázquez Celis^a, Silvio J. Villajuana Cervantes^a, Hugo J. Carrillo Escalante^a, Emmanuel Fernández Rodríguez^a, Víctor E. Mendoza Ac.

^a Instituto Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Mérida, Av. Tecnológico km. 4.5 S/N C.P. 97118, Mérida, Yucatán, México
kasandra9130@hotmail.com, svillajuana@yahoo.com.mx, hcarrilloe@gmail.com, emmanuel.fernandez.rodriguez@gmail.com, viictoor_7@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se presenta un análisis entre dos tipos de materiales, el silicón blanco comercial común, y el silicón de alta temperatura QM 245. Estos silicones están siendo estudiados actualmente para una aplicación de sellos hidráulicos, en la cual se quiere comparar el tiempo de vida útil, para encontrar el material que presente una menor degradación. Para esto se tomaron dos muestras de cada material. Se realizó un análisis termogravimétrico (TGA) a las primeras muestras con un intervalo de 50°C a 700°C obteniendo una gráfica que representa el porcentaje de pérdida de masa. A las segundas muestras se les realizó un análisis dinámico mecánico (DMA) con un intervalo de -50°C a 90°C obteniendo como resultado el módulo de almacenamiento de las muestras.

Palabras Clave: TGA, DMA.

ABSTRACT

This article presents an analysis between two types of materials, the common commercial white silicone, and the high temperature silicone QM 245. These silicones are currently being studied for an application of hydraulic seals, in which we want to compare the time of useful life, to find the material that presents less degradation. For this, two samples of each material were taken. A thermogravimetric analysis (TGA) was performed on the first samples within a range of 50 ° C to 700 ° C, obtaining a graph that represents the percentage of mass loss. The second samples were subjected to a dynamic mechanical analysis (DMA) within a range of -50 ° C to 90 ° C, obtaining as a result the storage module of the samples.

Keywords: TGA, DMA

1. Introducción

Un sello hidráulico es un anillo de hule que tiene una función específica, esta es no dejar pasar flujo. Sella los componentes según la aplicación, por lo que hay diferentes tipos de sellos [1].

Algunos se utilizan en aplicaciones como pistones y cilindros. En calentadores solares se utiliza un sello de silicón para permitir el paso del agua entre los tubos de vacío y el tanque recolector sin fugas. El silicón es frecuentemente utilizado debido a su bajo costo, buenas propiedades mecánicas y facilidad en el proceso de manufactura.

Se cuenta con un sistema de calefacción solar el cual se utiliza en una escuela de natación, y se ha observado que se somete a altas temperaturas, teniendo registros con una máxima de 96°C al interior del sistema. Los sellos que se

utilizan se reemplazan constantemente al degradarse en dos meses debido a las condiciones extremas.

En este artículo se hace un estudio comparativo de dos materiales que se usan para sellos hidráulicos, con el fin de resolver el desgaste prematuro de estos e implementar un nuevo sello, el cual será utilizado en sistemas de calefacción solar.

Para el sistema del problema, se necesita un sello de gran resistencia a las condiciones ambientales, por lo que se propone como opción el silicón de alta temperatura QM 245.

Existen estudios sobre hules de silicón cuando trabajan en condiciones de temperaturas oscilantes y con ambientes en los que se encuentran en contacto son sustancias ácidas, en los cuales se ha demostrado un aumento en la rigidez del material y una disminución en el peso. [2]

Otro estudio con una diferente aplicación de silicones, en este caso para LEDs demuestra que el comportamiento es

diferente cuando se expone a condiciones de temperatura y humedad, al contrario de sólo temperatura. [3]

1.1. Silicón QM 245

Este tipo de silicón, el QM 245 es un material que, curado, tiene excelentes propiedades mecánicas y buena estabilidad en la vida útil. Este silicón se suele usar en aplicaciones de réplicas arquitectónicas y de muebles. [3]

Entre sus principales características podemos encontrar su gran resistencia al desgarre, su tiempo de desmoldeo rápido y su buena flexibilidad del molde. Además, el rango de temperatura funcional es amplio y adecuado a la aplicación que necesitamos, siendo de -55 a 204°C. [4]

El QM 245A en su estado antes de la mezcla, se presenta de un color beige. Al combinarlo con el catalizador QM 245B resulta de un color rojo. La relación entre estos es de una parte de catalizador por diez partes de base, la precisión es importante por lo que se debe utilizar un equipo especial para pesar las cantidades.

El proceso de curado de este material comienza apenas se mezcla la base y el catalizador. Sin embargo, se debe de considerar que es sensible al calor y humedad por lo que los cambios en cualquiera de estos factores pueden afectar el material.

Para el proceso de mezclado, es importante que realice combinando base y catalizador revolviendo hasta que la consistencia sea uniforme y el color parejo en todo el material.

1.2. Análisis termogravimétrico (TGA)

El análisis termogravimétrico o TGA utiliza como base medidas de peso y temperatura. En específico, mide la cantidad de cambio de masa en función de la temperatura. A través de este análisis se pueden determinar características de los materiales, como la humedad absorbida, la temperatura de degradación, punto de descomposición, tiempo de vida de un producto, entre otros.

1.3. Análisis dinámico mecánico (DMA)

El análisis dinámico-mecánico o DMA se basa en aplicar una fuerza oscilatoria a una muestra y analizar los resultados sobre ésta. Estos resultados permiten determinar propiedades mecánicas, como la elasticidad y la viscosidad. Se utiliza una temperatura controlada ya que el resultado depende de esta variable. [5]

2. Desarrollo

Para obtener dos muestras del material propuesto, se realizó la mezcla de base y catalizador del QM 245, la cual se insertó en un molde y se dejó para el proceso de curado.

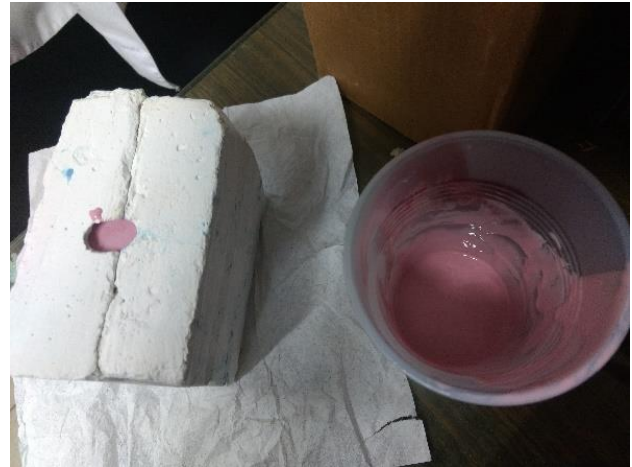


Figura 1. Mezcla de material.

Al igual, se tomaron muestras, de los sellos que se utilizan actualmente en el sistema de calefacción, que son hechos de un silicón blanco comercial. Dos muestras corresponden a un sello nuevo sin utilizar, las otras dos a un sello que ya se encuentra degradado después de haber sido utilizado por aproximadamente dos meses. En total se tomaron seis muestras para tener dos de cada material.



Figura 2. Toma de muestras.

En la tabla 1 se presenta la nomenclatura a utilizar a partir de este punto para las muestras.

Tabla 1 – Tabla de nomenclatura.

Tipo de muestra	Muestra
Sello de silicón blanco nuevo	A
Sello de silicón blanco degradado	B
Silicón QM 245	C

La primera caracterización que se realizó fue la de TGA.

Para esta se utilizó un equipo de TGA 7 de la marca Perkin Elmer, para todas las pruebas de TGA se manejó un intervalo de temperatura de 50°C a 700°C con una velocidad

masa es significativa.

Sin embargo, al realizar la prueba sobre la muestra C los resultados si presentan diferencias con respecto a las muestras anteriores, debido a que se observa una menor pérdida de masa al aumentar la temperatura, comparando con el material comercial. La masa se aproxima a un 70% de su valor original por lo que la degradación presentada es menor.

Para extender la evaluación sobre estas pruebas se derivaron los resultados, los cuales se pueden apreciar en la Fig. 5.

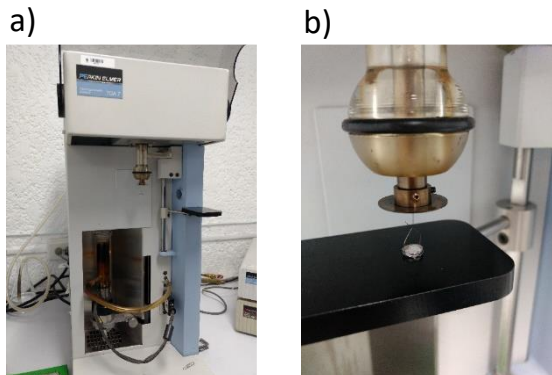


Figura 3 – (a) Equipo TGA; (b) Colocación de muestra.

de calentamiento de 10°C/min. Se consideró este intervalo por los materiales utilizados, ya que los termoplásticos tienen su temperatura de degradación por debajo de 700°. La velocidad de calentamiento utilizada es para obtener mejores resultados debido a la respuesta del equipo en cuanto al calentamiento, por lo que se considera la óptima.

Se pueden observar los resultados de las muestras en la Fig. 4.

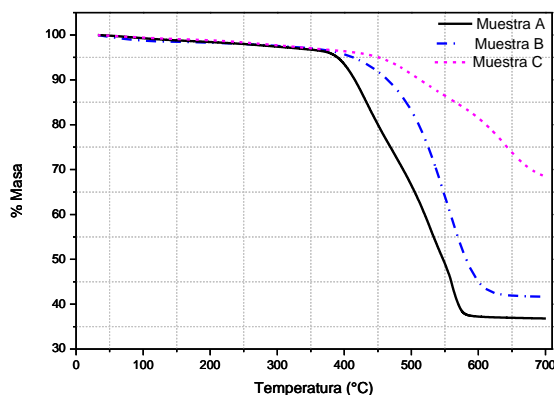


Figura 4. Resultado TGA sobre muestras.

En las tres muestras podemos observar una pérdida de aproximadamente el 5% antes de la temperatura de 400°C, esto se debe a la estabilización del equipo, por lo que para el análisis consideramos la pérdida que tiene después de esta temperatura. En la muestra A podemos observar una degradación de aproximadamente el 64% de su masa, mientras que para la muestra B la degradación de masa es de aproximadamente el 58%. En ambas muestras la pérdida de

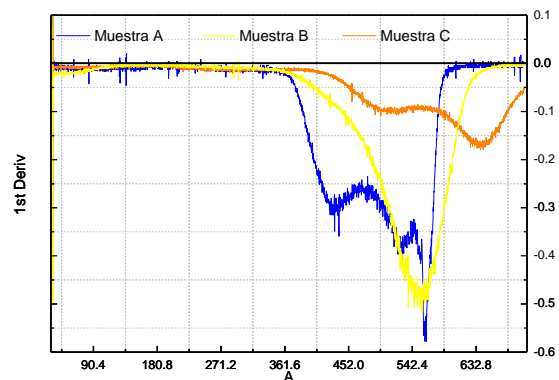


Figura 5. Derivada de resultados de TGA.

Las tres muestras comienzan a perder masa aproximadamente a los 360°C, aunque la caída es mayor sobre la muestra A y B. La muestra A decae y se recupera, lo que representa una resistencia a la pérdida de masa ya que la pendiente en algunos puntos es menor. En la muestra B esto no ocurre la caída es lineal hasta que pierde su masa en un 60% y se estabiliza, la pendiente todo el tiempo se encuentra con la misma tendencia.

Para la muestra C, se puede reconocer que la pendiente de pérdida presenta un valor menor, esto quiere decir que la pérdida de masa es menor y la va perdiendo a una razón más baja que las muestras A y B.

Para la caracterización de DMA, se utilizó un equipo de DMA 7 de la marca Perkin Elmer, las pruebas se efectuaron en un intervalo de temperatura de -60°C a 0°C con una velocidad de calentamiento de 3°C/min a una frecuencia de 1Hz. Este intervalo se utilizó debido al material con el que se está trabajando, ya que los termoplásticos son elásticos por arriba de los 0°, por lo que hay que bajar la temperatura debajo de esa cantidad y el equipo nos permite bajar hasta -60°, entonces fue el intervalo escogido.

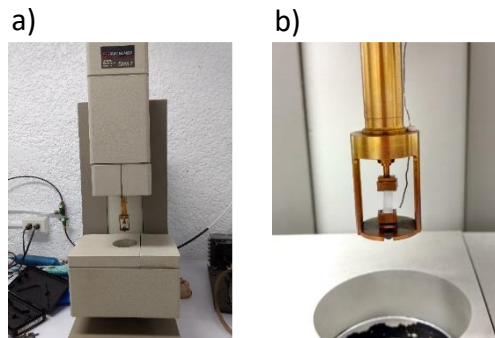


Figura 6 – (a) Equipo DMA; (b) Colocación de muestra.

En la Fig. 7 se puede observar el resultado de la prueba DMA que nos da el módulo de almacenamiento. El resultado de las pruebas nos muestra la rigidez del material y también indica el punto en el que las muestras se vuelven elásticas.

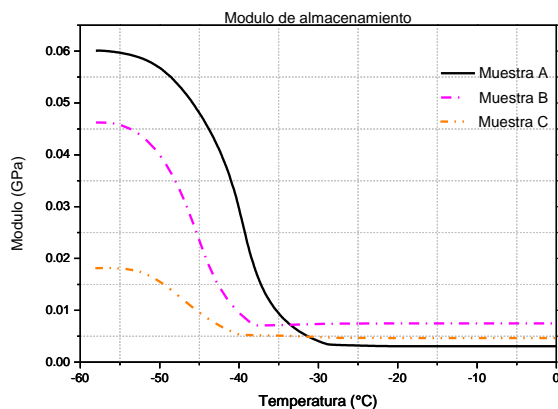


Figura 7. Módulo de almacenamiento de muestras.

Podemos observar que la muestra con mayor rigidez es la A, volviéndose elástico aproximadamente en -35°C , siguiendo en rigidez la muestra B, y por último la muestra C, estas dos últimas se vuelven elásticas cercanas al mismo punto, -40°C . Estos resultados nos muestran la diferencia entre un silicón ya usado y uno nuevo para permitarnos observar qué le sucede al material y cómo cambia con las condiciones ambientales a las que fue expuesto. La muestra C nos permite saber el intervalo en el que se encuentra el nuevo material en cuanto a elasticidad.

Debido a estos resultados la muestra C es la que presenta la mayor elasticidad, lo cual en la aplicación como sello hidráulico significa que se adaptará de mejor manera a los

tubos de vacío en donde deben de colocarse al distribuirse uniformemente en el orificio.

4. Conclusión

Según el análisis de las pruebas realizadas a las muestras podemos concluir que el material que se ha propuesto, correspondiente a la muestra C, presenta unas características superiores a las otras, al mejorar la degradación, que es la pérdida de masa, y disminuir la rigidez de los sellos actuales. Se planea continuar en el futuro con otras pruebas y diferentes condiciones tales como la temperatura y proporción de mezcla.

Agradecimientos

A mis padres y al Tecnológico Nacional de México (Instituto Tecnológico de Mérida).

REFERENCIAS

- [1] «Aceros y sistemas hidráulicos de México,» [En línea]. Available: <http://www.ashm.mx/blog/que-son-los-sellos-hidraulicos/>. [Último acceso: 20 Mayo 2017].
- [2] Wu, F., Chen, B., Yan, Y., Chen, Y., & Pan, M. (2018). Degradation of silicone rubbers as sealing materials for proton exchange membrane fuel cells under temperature cycling. *Polymers*, 10(5), 522. doi:10.3390/polym10050522.
- [3] Singh, P., & Tan, C. (2018). Uncover the degradation science of silicone under the combined temperature and humidity conditions. *Ieee Access*, 6, 1302-1311. doi:10.1109/ACCESS.2017.2778289
- [4] «Quantum Silicones,» [En línea]. Available: <http://www.quantumsilicones.com/2012/02/qm-245/>. [Último acceso: 20 Mayo 2017].
- [5] «MatWeb,» [En línea]. Available: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=3fde544dc1e040e6a2af124dc35201b8>. [Último acceso: 7 Agosto 2018].
- [6] Menard, K. P. (2008). *Dynamic mechanical analysis: a practical introduction*. CRC press.