

CARACTERIZACIÓN DE UN FLUIDO ELECTRO-REOLOGICO Y SU APLICACIÓN EN UN SISTEMA HAPTICO

H. J. Carrillo Escalante¹, D. G. Cisneros Castillo¹, P. J. Herrera Franco^{1*}

¹ Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C., Unidad de Materiales
Calle 43 No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo. C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México
hugojoel@cicy.mx

Introducción

Nuevas tecnologías han logrado el desarrollo, la aplicación y la sustitución de materiales tradicionales por “materiales inteligentes”. Los materiales y estructuras inteligentes ó multi funcionales han atraído la atención de la comunidad científica mundial dadas las peculiares características de estos sistemas. El término “inteligente” se ha adoptado para calificar y describir a esta clase de materiales que presentan la capacidad de cambiar sus propiedades físicas, proporcionado a los diseñadores e ingenieros materiales de nuevas alternativas para controlar forma geométrica, movimiento del material, flujo aerodinámico e hidrodinámico, disminución de vibración, y otras capacidades que pueden decirse son atributos de un sistema material/estructural inteligente. Puede decirse que los materiales inteligentes son los materiales que poseen capacidades adaptables a estímulos externos. Entre los materiales que caen en esta categoría están los polímeros electrostrictivos, materiales piezoeléctricos, fluidos electro-reológicos, fluidos magnetoreológicos, aleaciones de memoria de forma, entre otros. Un nuevo campo de aplicación de estos fluidos se en la robótica ya que al conocer que los ER tienen una velocidad de respuesta muy alta se ha propuesto su utilización a un sistema Háptico. Entre los objetivos de esta investigación se tiene: estudiar el comportamiento de fluidos electro-reológicos, que han atraído el interés en las décadas recientes por su amplio potencial en su aplicación industrial, modificación de un instrumento de medición de parámetros reológicos para hacer posible la aplicación del campo eléctrico, determinar condiciones de aplicación del fluido electroreológico, en función de variables como el tamaño de las partículas, el porcentaje de concentración en la suspensión y la magnitud del potencial aplicado, el diseño y construcción de un dispositivo (actuador) el cual utilizará fluido electro-reológico.

Sección Experimental

Descripción de Materiales

Materiales Utilizados para la elaboración del fluido electro-reológico

Partículas Silica gel (MERCK (O₂Si))	Tamaño de partícula 44.0 y 62.0 µm	Masa Molar = 60.09 gr/mol
Aceite Silicón (Accumetric, Inc.)	Densidad Aparente = 470 Kg/m ³	Viscosidad Absoluta= 15.4 cP

Los materiales utilizados en la modificación del reómetro para aislarlo sin perder su funcionalidad son: Aluminio Rolado, Nylamid (nylon 6-6).

Tamizado de las partículas

El tamizado de las partículas se realizó en un equipo ROTAP, utilizando tamices de 44, 53 y 62 micras. El tiempo de tamizado fue de 20 minutos empleando una carga de partículas de aproximadamente 3 gr.

Secado del material

El secado se realizó en una estufa de convección marca Equatherm a una temperatura de 100° C por un tiempo de 24 horas. Tanto las partículas, el aceite, así como los elementos que estuviesen en contacto con la suspensión al momento de la prueba fueron secados.

Preparación de la suspensión

Se prepararon suspensiones con concentraciones de 8, 15, 20, y 30 % w/w, para cada tamaño de partícula seleccionada (62 μm). La suspensión se realizó agitando el aceite a una velocidad constante y se vertieron gradualmente las partículas hasta obtener una suspensión uniforme. El tiempo de agitación de la suspensión hasta antes de realizar una prueba fue de 30 minutos. Se requirió de 1 ml de la suspensión para realizar la prueba en el viscosímetro.

Descripción del Viscosímetro

Se modificó un viscosímetro rotacional marca BRABENDER (Rheotron). Una característica funcional de este equipo es que las viscosidades obtenidas son generalmente medidas en función de la velocidad y del esfuerzo de corte. El sistema de medición modificado tiene la configuración de platos paralelos los cuales fueron diseñados para poder aplicarse el campo eléctrico, que es necesario utilizar para las pruebas del fluido ER y evitar daños en los controles electrónicos del equipo así como algún daño personal. El modo de operación del viscosímetro se basa en un controlador electrónico que opera el cilindro exterior aplicando un esfuerzo de corte o una deformación angular sobre una sustancia. Este par de torsión resultante es medido en la superficie opuesta del cilindro interior por medio de un resorte previamente calibrado.

Aplicación del Fluido electro-reológico

Caracterización del actuador

La cantidad de fluido electro-reológico requerido para el actuador es de 28 ml. El ánodo del actuador está provisto de papel de aluminio que sirve para la conducción del campo de voltaje, que es conectado al vástago de aluminio. El cátodo de aluminio fue cubierto con un polímero (nylamid) para evitar contacto directo. Una vez ensamblado el prototipo con la cantidad de fluido se caracterizó utilizando pesos constantes y se determinó el tiempo de desplazamiento del vástago, registrando los desplazamientos con una cámara digital marca Sony. Los valores tomados por la cámara son almacenados en un casete tipo DV, para su análisis posterior. Esta cámara registró 30 exposiciones por segundo que fueron procesadas para obtener gráficos de desplazamiento vs tiempo. En la figura 1.1 se puede observar la configuración del actuador

Resultados y Discusión

Resultados de la utilización del rheómetro

La modificación que se realizó al rheómetro, al cambiar el sistema con materiales aislantes resultó en un pequeño cambio debido a la disminución de peso y este pequeño cambio fue ajustado en los resultados obtenidos. La calibración del Rheómetro se realizó utilizando materiales con valores de viscosidad conocida. Posteriormente se realizaron pruebas con el fluido ER y los resultados se

presentan en la figura 1.2. Se puede observar que la viscosidad del fluido aumenta con el valor del campo eléctrico aplicado. El volumen fraccional de partículas influye en el esfuerzo necesario para hacer fluir una suspensión. El efecto electro-reológico puede ser descrito por el incremento en función de la concentración de partículas en el fluido electro-reológico. Cuando a un fluido se le adicionan partículas sólidas, se produce un aumento en su viscosidad, a mayor de número de partículas, mayor es la viscosidad; y si además este fluido es sometido a un campo eléctrico el cual causa una polarización de las partículas, se produce un alineamiento entre los electrodos y se produce un incremento en varios ordenes de magnitud de su viscosidad. El incremento de la viscosidad es más notorio a velocidades de corte bajas, indicando una mayor estructuración. También se observa que al incrementar el potencial aplicado a la suspensión se producirá una mayor polarización entre las partículas, dando como resultado un aumentando de la viscosidad de la suspensión. Asimismo, se aprecia que a cierto valor de velocidades de corte se provoca el rompimiento de las estructuras formadas por la polarización de las partículas.

Aplicación del fluido electro-reológico

Un área en la que los fluidos se han utilizado con más frecuencia, debido su rápida repuesta además de que son reversibles, es en la robótica, especialmente en los sistemas hápticos (háptico se refiere al tacto), y las formas de los sistemas utilizados son los actuadores. Se diseñó y caracterizó un actuador usando fluidos electro-reológico. El desplazamiento se estudió en función de la aplicación del campo eléctrico, para 3 concentraciones de partículas en el fluido, variando el valor del campo de voltaje de 0 a 4000 V en incrementos de 500 voltios. Los resultados se muestran en la grafica 1.3. Se observa que la tendencia de incremento de la viscosidad se presentaba para todas las concentraciones. También se observa que la mejor respuesta a la aplicación del campo de voltaje fue en el intervalo de 2000 a 4000 voltios para las concentraciones de 8 y 15% y para el 30% el campo de voltaje máximo fue de 3000 voltios, debido a que si se le aumentaba el voltaje el actuador entraba en corto, y las lecturas son erróneas.

En la figura 1.3 se puede observar el comportamiento de las cargas estáticas, sobre el actuador. Cuando el campo de voltaje es cero requiere una carga mínima para poder vencer la viscosidad del fluido, y conforme el campo de voltaje es incrementado se obtiene una carga máxima en la cual el campo de voltaje no afecta al movimiento del actuador. Esta variación de la carga máxima en las concentraciones se debe a que el fluido experimenta cambio de viscosidades muy grande al aplicar el campo de voltaje y la carga necesaria para vencerla es mayor. Asimismo, las cargas mínimas entre las concentraciones no es muy grande pues comparando las de 15 y 30% se puede decir que si existe cambio en la viscosidad pero no influye al no aplicarle el campo de voltaje para nuestro sistema, pero el cambio bien marcado es con el de 10%, debido a que se tiene menor cantidad de partículas, con respecto alas otras dos concentraciones.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir que la manera en la que se realizo la modificación para adaptarlo como un instrumento de medición para fluidos electro-reologicos, no afecta a su funcionamiento. Y los resultados que se han obtenido utilizando este equipo son representativos para el fluido, dándonos idea de cómo se comportan, para su posterior aplicación. En la aplicación de estos fluidos en el actuador podemos mencionar que dependiendo del intervalo de trabajo que se requiera la concentración de partículas será variable.

Referencias

1. R. T. Bonnecazea and J. F. Brady, *Yield stresses in electrorheological fluids*, J. Rheol. 36(1), January 1992
2. K. W. Yu¹, G. Q. Gu¹, J. P. Huang, *Dielectric response of spherical particles of graded materials*, Department of Physics, The Chinese University of Hong Kong

3. Roger G. Gilbertson and John D. Busch **A Survey of Micro-Actuator Technologies for Future Spacecraft Missions**, *The Journal of The British Interplanetary Society*, Vol. 49, pp. 129-138, 1996.
4. Mavroidis C, Pfeiffer C, Lennon J, Paljic A, Celestino J and Bar-Cohen Y., **Modeling and Design of an Electro-Rheological Fluids Based Haptic System For Tele-Operation of Space Robots**. Proceedings of the SPACE and ROBOTICS 2000 Conference: The 4th International Conference and Exposition/Demonstration on Robotics for Challenging Situations and Environments, February 27-March 2, 2000, Albuquerque, NM.
5. Ryoichi Hanaoka, Koji Hotta, Hidenobu Anzai, Koji Sakurai and Shinichi Kuroda, **Internal Structure and ER Properties in ER Suspensions of Disperse System under dc Electric Field**, Translated from Denki Gakkai Ronbunshi, Vol. 119-A, No. 6, June 1999, pp. 750-757, Electrical Engineering in Japan, Vol. 132, No. 4, 2000
6. Ryoichi Hanaoka, Shinzo Takata, Yuichi Nakawa, Tadashi Fukami and Koji Sakura, **Effect of Electric Field on Viscoelastic Properties of a Disperse System in Silicone Gel**, Electrical Engineering in Japan, Vol. 142, No. 2, 2003, Translated from Denki Gakkai Ronbunshi, Vol. 122-A, No. 2, February 2002, pp. 157-163
7. Melli-Huber J, Weinberg B, Fisch A, Nikitzuk J, Mavroidis C and Wampler, **Electro-Rheological Fluidic Actuators For Haptic Vehicular Instrument Controls**, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, B Manufacturing Systems Research Lab, MC 480-106-359, General Motors R&D Center.

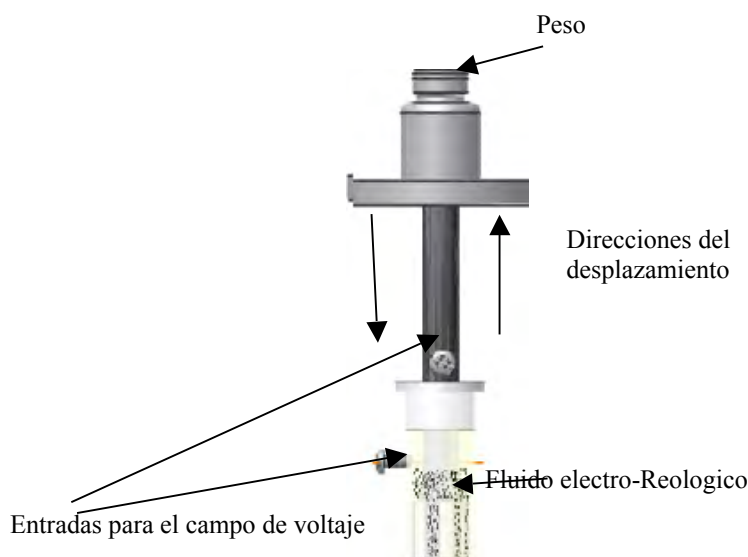


Figura 1.1 Esquema del actuador, mostrando sus partes principales

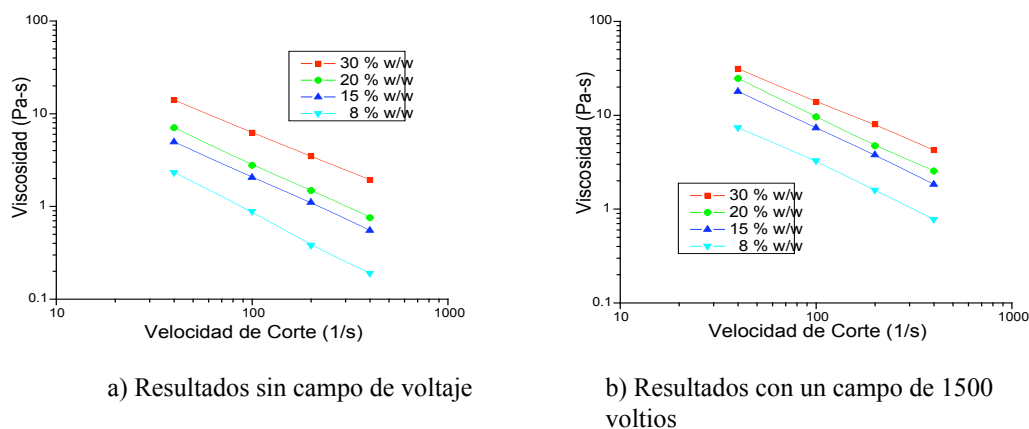
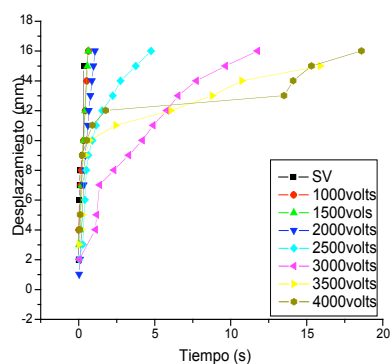
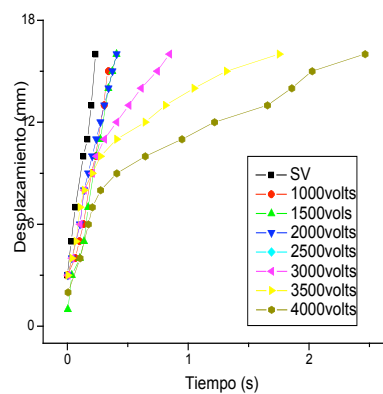


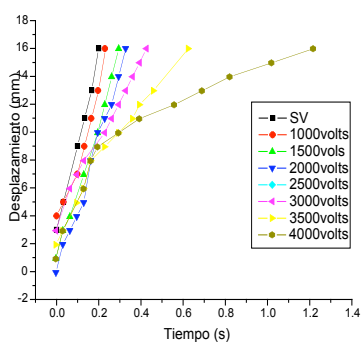
Figura 1.2 Resultados Obtenidos al utilizar el equipo rheotron y la aplicación de un campo de voltaje



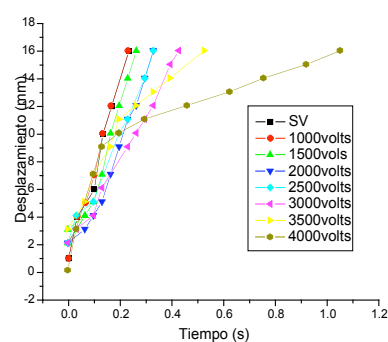
(a) Peso utilizado de 10 gramos



(b) Peso utilizado de 20 gramos



(c) Peso utilizado de 30 de gramos



(d) Peso utilizado de 40 de gramos

Figura1.3 Comportamiento del actuador en función del campo de voltaje y variando el peso para una concentración del 10% w/w