

MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE FLUIDOS MAGNETOREOLÓGICOS ANTE UN CAMPO MAGNÉTICO

C. P. Molina⁽¹⁾, M. P. Triviño⁽²⁾, S. C. Díaz⁽³⁾, M. A. Ardila⁽⁴⁾ y E. Torres⁽⁵⁾

(1), (2) y (3) Escuela de Ingeniería Metalurgia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, COLOMBIA.

(4) y (5) Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Santo Tomás de Aquino, COLOMBIA.

E-mail (autor de contacto): clamol10@yahoo.es

RESUMEN

Un fluido magnetorreológico (MR), es un líquido con una densidad mayor que la del agua, el cual pasa de un estado aceitoso a uno cuasi-sólido al verse expuesto a un campo magnético. En la actualidad, el uso de los fluidos MR se extiende a diferentes industrias, ingenierías, medicina, etc., dependiendo del campo de aplicación. El programa matemático a utilizar es una técnica de simulación por computador que emplea un sistema numérico llamado Método de los elementos finitos (FEM), o diferencias finitas, procedimiento numérico para obtener soluciones aproximadas de problemas que sean susceptibles de ser representados por un sistema de ecuaciones diferenciales, dichos programas permiten obtener productos de mejor calidad a un menor costo, mejorar procesos existentes, estudiar el fallo de un componente estructural o un equipo, muy utilizado en ingeniería y física.

En esta investigación se utilizó una magnetita mineral, a la cual se le determinó el porcentaje de hierro mediante dos métodos: Prueba física (separación magnética) y prueba química (marcha química), en la primera se trabajó con dos tamaños de grano (malla 100 y malla 200) y en la segunda se trabajó con uno, observándose que son de muy alto contenido de magnetita.

Se preparó la magnetita a dos tamaños de grano malla 400 y 500, de los cuales se derivan 8 fluidos magnetorreológicos donde se tiene una variación en la concentración (30:70 y 50:50), además se trabaja con dos líquidos diferentes (aceite SAE 30 y aceite SAE 50) hallando el fluido que mejor se comporta ante el campo magnético aplicado en el diseño final del equipo y determinando el valor de las variables que se encuentran en juego, además se realizó el análisis por DRX, hallando la composición semicuantitativa.

Como resultado final se espera obtener un modelo y la simulación de un fluido magnetorreológico ante un campo magnético.

Palabras clave: Fluidos magnetorreológicos, campo magnético, elementos finitos

ABSTRAC

A magnetorheological fluid (MR) is a liquid with a density greater than water, which passes from one state to a quasi-oily solid to be exposed to a magnetic field. Currently, the use of MR fluids is extended to different industries, engineering, medicine, etc., Depending on the scope. The math program is a computer simulation technique that uses a numerical system called finite element method (FEM) or finite-difference numerical procedure to obtain approximate solutions for problems that can be represented by a system of differential equations these programs lead to better products at lower costs, improve existing processes, to study the structural component failure or a computer, widely used in engineering and physics.

In this study we used a mineral magnetite, which is the percentage of iron determined by two methods: physical test (magnetic separation) and chemical testing (up chemistry), the first one worked with two grain sizes (100 mesh and 200 mesh) and the second one worked with one noting that they are of very high content of magnetite.

Magnetite was prepared two grain sizes 400 and 500 mesh, of which 8 are derived magnetorheological fluids, where you have a variation in the concentration (30:70 and 50:50) also working with two different liquids (SAE SAE 30 and 50) finding the best behaved fluid to the applied magnetic field in the final design of the equipment and determining the value of the variables that are at stake, also were analyzed by DRX and found the composition semiquantitative.

Thus it is expected to raise the development of a mathematical model and simulation of a magnetorheological fluid to a magnetic field.

Keywords: Magnetorheological fluid (MR), magnetic field, finite elements.

Tópico 1: Metalurgia Extractiva

1. INTRODUCCIÓN

En la industria se presentan problemas de tipo ingenieril, físicos, etc., que muchas veces son difíciles de resolver por métodos matemáticos tradicionales. Esto obliga a realizar prototipos, ensayarlos e ir realizando mejoras, lo cual conlleva a un elevado costo, tanto económico como de tiempo. Debido a estos inconvenientes el método de los elementos finitos (MEF) adquiere una gran importancia en la solución de los mismos, permitiendo realizar un modelo matemático del sistema real, más fácil y económico de modificar que un prototipo.

La simulación de modelos, puede ser producida usando un rango de paquetes comunes de diseño asistido por computador. Los modelos tienden a entrar en un rango amplio variando en complejidad y en formato de archivo, dependiendo del programa computacional (software) de creación del modelo y en la complejidad de la geometría del modelo. El análisis de elementos finitos (FEA) es una industria creciente en el análisis de diseño de productos y desarrollos en ingeniería. El uso de FEA como una herramienta de ingeniería de manera habitual está creciendo rápidamente. Los avances en el poder de procesamiento de las computadoras, del FEA y del software de modelado ha permitido la continua integración de FEA en los campos de ingeniería, en diseño de productos y desarrollo.

Los programas computacionales de análisis de elementos finitos proveen un amplio rango de opciones de simulación para controlar la complejidad de ambos, el modelado y el análisis de un sistema. De forma similar, el nivel deseado de precisión y los requerimientos de tiempo computacional asociados pueden ser manejados simultáneamente para atender a la mayoría de las aplicaciones de ingeniería. En resumen, los beneficios del análisis de elementos finitos son: una alta precisión, diseño mejorado, y una mejor percepción de los parámetros críticos de diseño, prototipos virtuales, menos prototipos de hardware, y ciclo de diseño más rápido y económico, alza en la productividad y en las ganancias.

El aprovechamiento de las propiedades de los materiales para beneficio de procesos y procedimientos que le den mayor producción a la industria ha sido una constante en años recientes. Esta labor necesita recursos económicos suficientes y recurso humano calificado que disponga de sus capacidades para el desarrollo de nuevas tecnologías. Es así como se cuenta con avances insospechados en la carrera espacial, en los sistemas de telecomunicaciones, en los sistemas para el control y la automatización de procesos industriales, entre otras áreas. En la actualidad, el uso de los fluidos magnetorreológicos (MR) se extiende a la industria automotriz, en el sector militar y de defensa, en ingeniería civil, en la industria de electrodomésticos y en medicina, para su aplicación en el diseño de sistemas de suspensión primaria, protección de pasajeros, suspensión de sillas, suspensión de cabinas, protección sísmica en puentes y edificios, lavadoras de ropa y prótesis de articulaciones. El sistema nervioso de futuros robots podría usar fluidos MR para mover articulaciones y extremidades de forma semejante a los seres vivos; igualmente, surgen nuevas ideas para su aplicación en el tratamiento de tumores.

En la actualidad existen numerosos programas de análisis por elementos finitos, tales como ABAQUS, COSMOS, PATRAN, NASTRAN, STRUDL, CAEPIPE, etc.; de entre todos se ha elegido ANSYS por tratarse de una herramienta versátil, para el desarrollo del presente trabajo.

El modelo matemático será la base para la simulación de fluidos magnetorreológicos ante un campo magnético, para proyectar diversas aplicaciones.

Por lo tanto este proyecto es una base importante de conexión entre la técnica de simulación con las técnicas de fabricación determinando el comportamiento de fluidos magnetorreológicos ante un campo magnético.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El diagrama de flujo de las etapas en general del proyecto se puede observar en la figura 1.

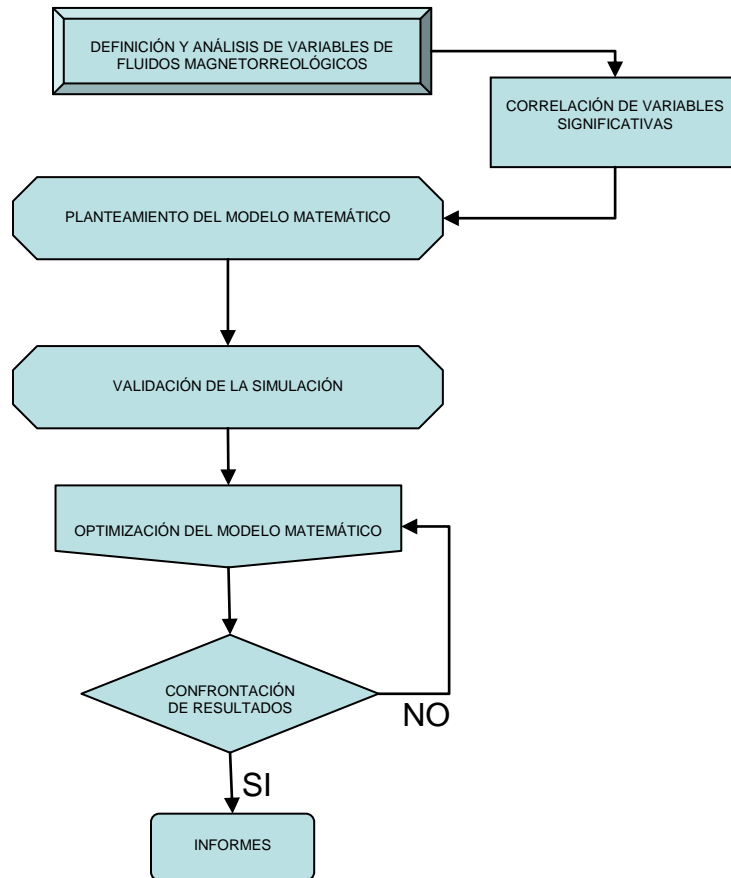


Figura 1. Diagrama de Flujo

Mineral:

El mineral utilizado es Magnetita mineral (Fe_3O_4) proveniente de la zona rural de la Jagua de Ibérico.

Determinación del Hierro:

La determinación del hierro se realizó mediante separación magnética y por marcha química.

Separación magnética: Se realizó la preparación mecánica de la magnetita, que consta de los siguientes pasos:

- Trituración.
- Molienda.
- Cuarteo.
- Tamizado.

Se utilizaron dos tamaños de grano:

- Malla 100
- Malla 200

Marcha química: Se realizó la misma preparación mecánica en la magnetita que para la separación magnética, pero se seleccionaron cuatro muestras con una granulometría a malla 200,

Se trabajó en esta etapa por el método de determinación de hierro por reacción con dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Análisis por DRX:

Se analizó una muestra de la magnetita por Difracción de Rayos X, hallando su composición semicuantitativa.

Fluidos magnetorreológicos:

Se prepararon 8 fluidos en los cuales se tuvo variación en cuanto al tamaño de grano de la magnetita, la concentración del mineral en el fluido y el tipo de líquido portador, distribuidos de la siguiente manera:

Malla 400: Con esta granulometría se prepararon cuatro fluidos, así:

- En aceite SAE 30 con una concentración de 30:70 (magnetita y líquido respectivamente).
- En aceite SAE 30 con una concentración de 50:50 (magnetita y líquido respectivamente).
- En aceite SAE 50 concentración de 30:70 (magnetita y líquido respectivamente).
- En aceite SAE 50 con una concentración de 50:50 (magnetita y líquido respectivamente).

De igual manera se realizaron cuatro fluidos con la malla 500.

VARIABLES A DETERMINAR: Las variables que se determinan en base a estos fluidos son:

- Campo magnético.
- Viscosidad.
- Densidad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de la determinación de hierro por prueba física:

Para esta prueba se utilizaron dos muestras cada una de 1000 g, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados separación magnética.

MUESTRA	MAGNÉTICO (gramos)	RECHAZO (gramos)	MAGNETITA (%)
Malla 100	782.6 g	217.4	78.26
Malla 200	866.3	133.7	86.63

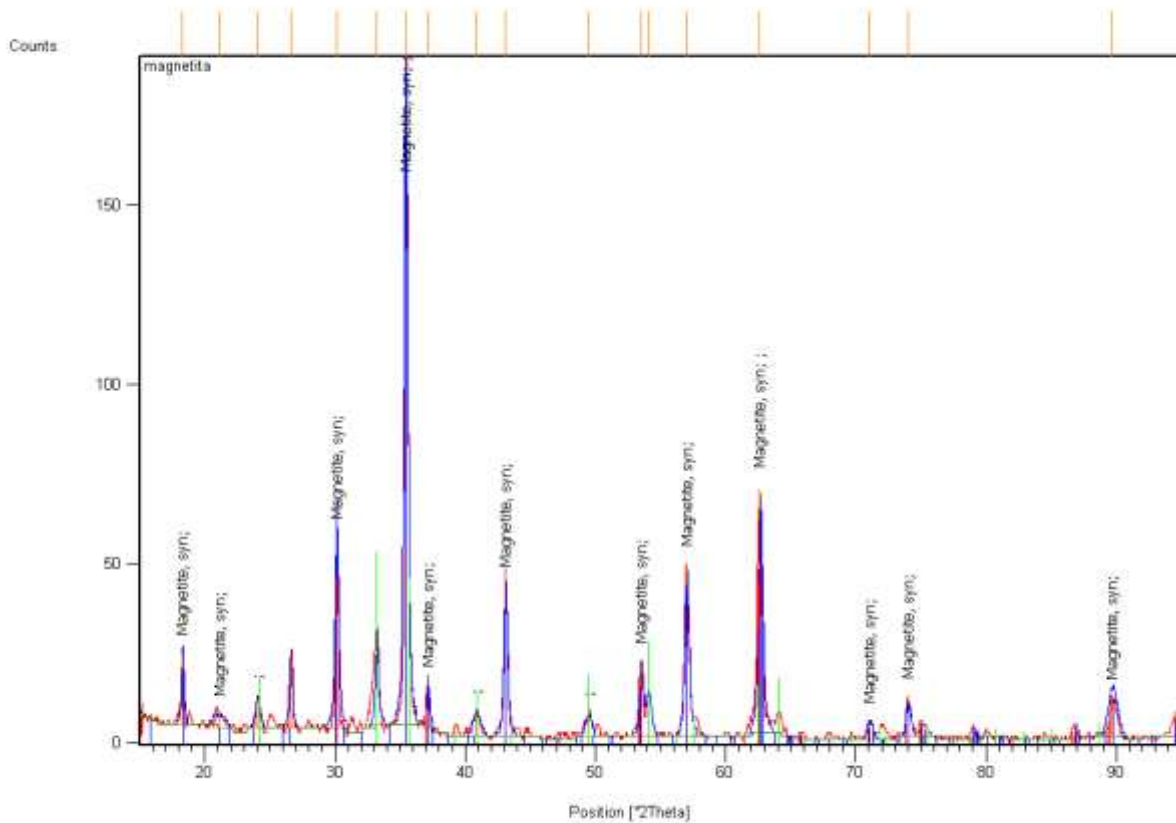
3.2 Resultados determinación de hierro por marcha química:

Se tomaron 4 muestras de 0.5 g de mineral a malla 200, como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados marcha química.

MUESTRA	HIERRO (%)	MAGNETITA (%)
1	70.4	97.2
2	68.4	94.4
3	67.2	92.8
4	66.8	92.2
Promedio	68.2	94.1

3.3 El análisis por DRX nos muestra que el mineral contiene magnetita (encontrándose esta en mayor porcentaje, debido a que se muestra en el pico más alto de la gráfica 1), de igual manera se encuentra ilmenita, entre otros.



Gráfica 1. Análisis por DRX de la magnetita

3.4 Se realizaron 8 fluidos en los cuales se tuvo variación en la granulometría de la magnetita, concentración del mineral y líquido portador.

3.5 Las variables definidas para trabajar en el sistema son campo magnético, viscosidad y densidad.

4. CONCLUSIONES

✧ Este es un proyecto en desarrollo, cuya fase preliminar presentada da a conocer que el mineral utilizado tiene una concentración elevada de magnetita, mostrando que en el beneficio realizado se eliminaron todas las impurezas contenidas en el mismo, lo cual es apto para las propiedades de los fluidos.

✧ Mediante dos métodos: Prueba física (separación magnética) y prueba química (marcha química), en la primera se trabajó con dos tamaños de grano (malla 100 y malla 200), con un resultado de 78.26% y 86.63% de magnetita respectivamente y en la segunda se trabajó con malla 200, dando como resultado un promedio de 94.1% de magnetita, observándose que son de muy alto contenido de magnetita.

✧ Como resultado final se espera obtener un modelo y la simulación de un fluido magnetorreológico ante un campo magnético.

REFERENCIAS

Lord Materials Division. Designing with MR Fluids, Engineering Note, Lord Corporation, Thomas Lord Research Center, Cary, NC, November 1999.

FORERO, Álvaro, ARDILA, Marco, DÍAZ, Sandra. Propiedades magnetorreológicas en mezclas de aceite automotriz con partículas metálicas. Grupo de investigación en Materiales Siderúrgicos, Facultad de Ingeniería. UPTC. 2007.

Mark R. Jolly, Jonathan W. Bender, and J. David Carlson. Properties and Applications of Commercial Magnetorheological Fluids. Lord Corporation, Thomas Lord Research Center, Cary, NC 27511. 110 Lord Drive.

M.R. Jolly, J.D. Carlson and J.W. Bender. Properties and applications of commercial rheological fluids. SPIE 5th Annual International Symposium on Smart Materials and Structures, San Diego, CA, 15 March, 1998.

Loredana Mirela Popa, Stefan Odenbacha, Albrecht Wiedenmannb, Nina Matoussevitshc and Helmut Bönnemannc. Microstructure and rheology of ferrofluids. University of Bremen, Am Fallturm, Bremen 28359, Germany bHahn-Meitner Institute, Berlin 14109, Germany cMPI für Kohlenforschung, Kaiser-Wilhelm-Platz 1, Mülheim an der Ruhr 45470, Germany Available online, 1 December 2004.

John I. Hochstein. Computational modeling of magnetically actuated propellant orientation. Marshall Space Flight Center the University of Alabama, NASA/ASEE Summer Faculty Fellowship Program. 1996.

HIERONIMUS, Klaus. A Few Aspects on the Development of Structural Models, SAE Technical Paper 770598, 1977.

DÍAZ, Juan, SUÁREZ, Francisco. Introducción al Programa ANSYS. E.T.S. Ingenieros Industriales – GIJÓN.

FELIPPA, Carlos. [A historical outline of matrix structural analysis: a play in three acts](#). Computers & Structures. 2001.