

Fluido no newtoniano

S. Hernández, P. Alarcón, A. Vaquero, S. Collado

E.T.S.I. de Caminos, Canales y puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren 3, E28040, Madrid, Spain

INFORMACIÓN

Información del Proyecto:

Entrega anteproyecto 24 Febrero 2019

Entrega Proyecto 15 Mayo 2019

Disponible online 20 Mayo 2019

Keywords:

Fluido newtoniano

Propiedades mecánicas

Viscosidad

ABSTRACT

En los fluidos no newtonianos, la viscosidad varía con la temperatura y la presión y no siguen la Ley de Viscosidad de Newton. A pesar de que un fluido no newtoniano puede hacerse de múltiples sustancias y de que podemos encontrarlo en el día a día (como el ketchup o la pasta de dientes), hemos escogido hacerlo de maicena y agua. Además, una de nuestras inquietudes en este proyecto ha sido ver que más podría influir en sus propiedades. En cuanto a sus propiedades, ha actuado como esperábamos en prácticamente todos sus aspectos. Sin embargo, en los ensayos que realizamos para determinar su rango de temperaturas de trabajo, vimos un fenómeno que no esperábamos. Al calentarlo (a 60 °C) el fluido era menos viscoso y al enfriarse volvía a adquirir sus propiedades, es decir, llevaba a cabo una transformación reversible. Una mayor fuerza de impacto provoca una mayor y más rápida oposición de resistencia del material. Con estas observaciones podemos concluir que el material ofrecerá mayores resistencias a mayores fuerzas se vea sometido, con lo cual sería capaz de ofrecer un buen desempeño en las aplicaciones escogidas.

© 2019 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved

1. Marco teórico conceptual

Para comenzar con nuestra explicación, ubicaremos el fluido que estamos tratando.

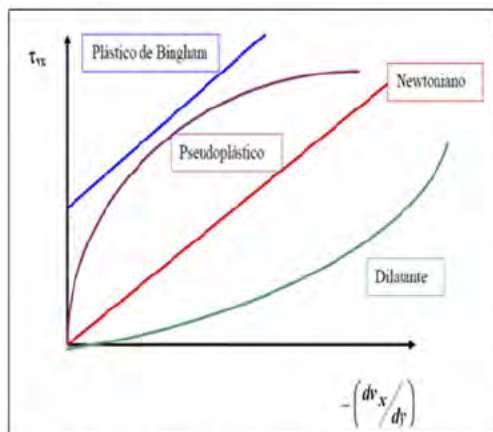


Fig. 1. Tabla que muestra los distintos tipos de fluido en base a la tensión aplicada y la relación de la velocidad con el desplazamiento.

Como se puede observar en la Fig. 1, los fluidos pueden clasificarse en dos grandes grupos, los fluidos newtonianos y los no newtonianos.

La diferencia fundamental entre ambos es; los fluidos newtonianos presentan una viscosidad que puede definirse como constante en el tiempo, es decir, cumplen la Ley de la Viscosidad de Newton (la Fuerza por unidad de Área es proporcional a la disminución de la velocidad V con la distancia Y). Podemos asegurar que esto es así puesto que la relación entre las magnitudes es completamente lineal.

Sin embargo, en los fluidos no newtonianos, la viscosidad varía con la temperatura y la presión y no siguen la Ley de Viscosidad de Newton.

Dentro de este gran grupo de los fluidos no newtonianos podemos distinguir aquellos llamados dilatantes, donde la viscosidad se ve incrementada con el aumento de la tensión tangencial. Suelen pertenecer a este grupo las emulsiones (partículas de sólido dispersas en un líquido), de hecho, nuestro fluido es considerado una emulsión al tratarse de partículas de almidón dispersas en una matriz líquida, que sería el agua.

1.1. Explicación de su funcionamiento

Ahora que tenemos situado nuestro fluido veamos la explicación a su peculiar comportamiento. A pesar de que estas hipótesis sobre su respuesta a determinados esfuerzos mecánicos han ido variando a lo largo del tiempo, las ideas básicas de las investigaciones se han mantenido.

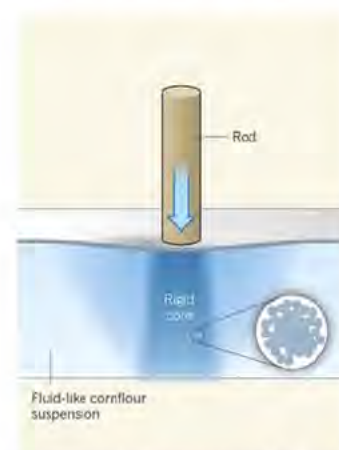


Fig. 2. Imagen que representa el comportamiento del fluido no newtoniano

Como podemos apreciar en la Fig. 2, la aplicación de una fuerza externa en la superficie del fluido provoca que haya una respuesta localizada y a la vez conjunta del material. La zona que recibe el impacto genera una región más rígida "rigid core" debido a la aglomeración de las partículas de almidón que intentan amortiguar el golpe.

El fluido actúa como tal debido a que el agua es capaz de lubricar las partículas dispersas en esta, permitiendo la movilidad. En cambio, al agitar la mezcla o aplicarle una fuerza provoca un acumulamiento de las partículas de almidón. Este contacto entre las partículas conlleva una gran fuerza de fricción (debida al contacto de sus superficies rugosas) que impide el deslizamiento de unas sobre otras.

1.2. Composición del material

A pesar de que un fluido no newtoniano puede hacerse de múltiples sustancias y de que podemos encontrarlo en el día a día (como el ketchup o la pasta de dientes), como ya se ha mencionado, hemos escogido hacerlo de maicena y agua.

Además, una de nuestras inquietudes en este proyecto ha sido ver que más podría influir en sus propiedades.

Decidimos añadir cáscara de huevo machacada: el resultado que obtuvimos fue un aumento en la viscosidad (véase la Tabla 1), un aumento considerable de sus propiedades mecánicas, tanto a compresión como a tracción mostró una gran mejora. En cuanto a las propiedades térmicas no variaron.

Otros elementos que añadimos fueron pieles de almendras tostadas, pues pensamos que podrían afectar de forma distinta a la cáscara de huevo y así fue. En las dos aplicaciones que tenemos pensadas (se nombrarán más adelante) necesitamos que algún material, por lo general un polímero resistente, tenaz y respetuoso con el medio ambiente, que recubre el fluido (ya que si no se ejercen fuerzas sobre el no endurecerá).

Frente a esta aptitud decidimos descartar la cáscara de huevo, pues a pesar de estar molida es muy dura de manera que al entrar en contacto con las paredes del polímero que lo recubre (al aplicarle una fuerza externa) podría acabar por romperlo (de hecho, así sucedió con 3 de nuestras 10 muestras).

Por último, decidimos sustituir el agua corriente por agua marina. El resultado en cuanto a propiedades mecánicas no varió significativamente respecto del fluido compuesto de maicena y agua corriente. Sin embargo, sus propiedades térmicas sí se modificaron notablemente. Pues habíamos fijado un rango de temperaturas de trabajo y gracias a las partículas presentes en el agua marina este se vio modificado (se explicará más adelante).

2. Propiedades y ensayos

En cuanto a los ensayos realizados, nos hemos centrado en los siguientes tipos: ensayos de impacto, ensayos de tracción, pruebas térmicas y de viscosidad además de pruebas de durabilidad y adición de diversos elementos.

Ante la ausencia de apoyo externo no tuvimos más remedio que crear varios experimentos para observar cada una de las propiedades nombradas en nuestro material. Es por esto que únicamente trataremos las propiedades sobre las que hemos experimentado.

2.1. Viscosidad

La viscosidad es una de las propiedades más peculiares de nuestro material y seguramente una de las más importantes ya que afecta en el resto de las propiedades. Como ya se ha mencionado en la introducción, la viscosidad varía según si actúan fuerzas externas en él o no. Pues, aunque reciba el nombre de fluido puede actuar como un sólido al aplicarle un esfuerzo externo.

2.1.1. Ensayos de viscosidad

Para las mediciones en este apartado, el procedimiento utilizado ha consistido en dejar deslizar una cantidad determinada del fluido (una cucharada) sobre una superficie a 45 grados. Sobre esta superficie establecimos unas marcas a 20 cm de separación entre ellas y medimos el tiempo que tardaba en recorrer esta distancia el fluido para diversas composiciones.

Tabla 1. Resultados del ensayo de viscosidad

Composición el fluido	Tiempo que tarda en recorrer 20 cm (segundos)
Fluido no newtoniano	6,4
Pieles de almendras	6,9
Cáscara de huevo	6,9

En la Tabla 1 podemos apreciar que las adiciones al fluido han conseguido aumentar su viscosidad, como era de esperar.

2.2. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas en las que nos hemos basado han sido tracción e impacto. Pues eran los ensayos que nos han resultado más fáciles de experimentar.

2.2.1. Ensayos de tracción e impacto

Para ello, hemos utilizado un cubo lleno hasta la mitad de nuestro fluido (1.5 L aproximadamente), unas mancuernas (dos de 1 kilo y otras dos de 2 kilos) y una cuerda (de 4 metros).

El procedimiento para el ensayo de impacto se basó en soltar la mancuerna desde diferentes alturas para comprobar como reaccionaba el material en cada situación, el motivo de usar la cuerda fue para que tras el impacto no terminase por hundirse y variar las medidas. Conociendo la altura con la que caía, la masa y el tiempo que tardaba en recuperarse el material, además de la aceleración (la gravedad) obtuvimos la Fig. 3.



Fig. 3. Gráfico que muestra los resultados del ensayo de impacto obtenidos

Para el ensayo de tracción necesitábamos el efecto contrario, entonces creamos una especie de polea que tirase de una mancuerna hundida en el fondo del cubo, utilizando un contrapeso (con otras mancuernas de peso superior al que estaban sacando del fluido). A partir del contrapeso que pusimos, la fuerza de la gravedad y el tiempo que tardaba en salir la pesa del fluido obtuvimos la Fig. 4.



Fig. 4. Gráfico que muestra los ensayos de tracción

2.3. Propiedades térmicas:

Las propiedades térmicas son similares a las del agua, ya que el fluido está compuesto mayoritariamente de ella. Aun así, decidimos comprobarlo recurriendo a los siguientes ensayos.

2.3.1. Ensayos térmicos

Han consistido, por un lado, en comprobar si la temperatura de fusión era diferente a la del agua, y, por otro lado, si a altas temperaturas el agua se evaporaría.

Para ello hemos utilizado un congelador para la primera comprobación y un microondas para la segunda. Creemos que no sería necesario someter al material a temperaturas más extremas ya que se alejan demasiado de su rango de trabajo y no nos aportarían información útil.

Tabla 2. Gráfico que representa las temperaturas en el rango que se van a trabajar

	Temperatura de solidificación (°C)	Temperatura de evaporización (°C)
Agua corriente	0	100
Agua marina	-3	100

A la vista de los datos de la Tabla 2 y teniendo en cuenta que con agua corriente y agua marina nos referimos a la mezcla ya preparada, podemos ver que la diferencia no es especialmente significativa. Sin embargo, esto significó que no solo el fluido podía hacerse con agua marina, sino que además se ganaban amplitud en ciertas propiedades sin disminuir otra (al menos que hayamos descubierto).

2.4. Envejecimiento y durabilidad

La vida útil de nuestro material no es un punto a favor, o sí, depende del enfoque que le demos.

Debido a que está hecho de partículas sólidas dispersas en una matriz líquida, estas partículas no tardan en precipitar y dejar el agua en la parte superior. Además de que está hecho de materia orgánica y por tanto tarda relativamente poco tiempo en degradarse.

2.4.1. Ensayos de envejecimiento

Como este material es en gran parte agua, decidimos hacer varios tipos de experimentos:

Para ver su vida útil a temperatura y presión ambiente lo dejamos en un lugar expuesto al sol y demás factores ambientales. La respuesta del material fue la siguiente; a los dos días el agua se había evaporado y la maicena quedaba sola en el recipiente, es decir, lo que era el fluido, había perdido sus propiedades por completo en dos días.

Averiguamos la vida útil del material en caso de que este se encontrara en un almacén (sin recibir luz solar ni condiciones extremas) dejándolo en un sótano almacenado en botellas descubiertas. En apenas unas horas la maicena había precipitado y al cabo de 2 semanas el fluido comenzaba a crecer formando rugosidades y empezando a pudrirse.

Debido a su escasa durabilidad decidimos intentar conservar el fluido. Lo introdujimos en la nevera. Pasadas dos semanas lo sacamos, tenía un aspecto normal, aunque nada tenía que ver con un fluido hasta pasadas 3 horas. Una vez que pudimos moldearlo, en apenas unos segundos ya tenía el aspecto inicial, es decir, habían aguantado sus propiedades tras 2 semanas.

Viendo los resultados positivos de cambiar el agua corriente por agua marina, decidimos aplicarle el procedimiento anterior y no solo se mantenían los resultados, sino que además tardaba menos en ser maleable y resultaba una mezcla más homogénea, ya no eran dos sustancias por separado.

3. Aplicaciones

Pensamos que es un material muy infravalorado en cuanto a las aplicaciones actuales. Es un material que, debido a su comportamiento, podría investigarse más a fondo y seguramente se obtendrían resultados sorprendentes.

Se sabe que los fluidos no newtonianos ya tienen diversas aplicaciones en la industria, como en los chalecos antibalas y los badenes. Sin embargo, estos fluidos no están hechos de agua y maicena sino de otros materiales más avanzados.

Atendiendo a nuestro caso, hemos adaptado las aplicaciones al fluido no newtoniano de agua y maicena. Basándonos en sus propiedades mecánicas y en lo que parecía una desventaja, el envejecimiento, hemos concretado dos posibles aplicaciones.

Pensando en la cantidad de plásticos que se encuentran en nuestros océanos y la poca colaboración de la gente pudiente, hemos pensado en sustituir el interior de las pelotas de golf con las que se juegan en los cruceros. Pues estas acaban en el mar (únicamente en Estados Unidos se lanzan 300.000.000 al año) y tardan en descomponerse entre 100 y 1000 años de manera natural.

Gracias a sus propiedades mecánicas y las del polímero biodegradable que lo recubriría ayudando a mantener la forma, y sobre todo pensando en su tiempo de degradación, creemos que esta aplicación tiene bastante futuro, nos basamos en que ya se están haciendo investigaciones en este campo.

Teniendo en cuenta la cantidad de dinero invertido en los deportes como el motocross y el ciclismo, en los que se emplean montículos que después se abandonan en la naturaleza. Estos montículos podrían rellenarse con fluido no newtoniano, haciendo el recubrimiento de este de un polímero biodegradable que mantenga la forma. Tras el evento deportivo, si los montículos no se retiran, estos serán degradables, tanto el recubrimiento como su interior.

4. Conclusiones

En un principio pensábamos que el fluido no newtoniano era más barato, aunque aun así no es caro. Como una profesora nos dijo, es más posible que un proyecto novedoso tenga futuro si este va dirigido a la industria rica.

En cuanto a sus propiedades, ha actuado como esperábamos en prácticamente todos sus aspectos. Sin embargo, en los ensayos que realizamos para determinar su rango de temperaturas de trabajo, vimos un fenómeno que no esperábamos. Al calentarlo (a 60°C) el fluido era menos viscoso y al enfriarse volvía a adquirir sus propiedades, es decir, llevaba a cabo una transformación reversible.

Como se puede apreciar en la Fig. 3 una mayor fuerza de impacto provoca una mayor y más rápida oposición de resistencia del material. Con estas observaciones podemos concluir que el material ofrecerá mayores resistencias a mayores fuerzas se vea sometido, con lo cual sería capaz de ofrecer un buen desempeño en las aplicaciones esquivadas.

5. Agradecimientos

Damos las gracias a José Ygnacio Pastor Caño que nos aportó ideas esenciales para desarrollar las aplicaciones.

También queremos agradecer a Elena Tejado, que nos ha resuelto dudas y nos ha ayudado a determinar algunas propiedades.

6. Bibliografía

- [1] <https://francis.naukas.com/2012/07/12/nueva-explicacion-del-porque-podemos-correr-encima-de-una-piscina-con-agua-y-maicena/>
- [2] <http://www.adareng.com/es/articulo/trasvase-de-fluidos-no-newtonianos/n-4>
- [3] http://tecnicoo.es/blog/fluido-no-newtoniano/#El_flubber_es_un_fluido_no_newtoniano_facil_de_fabricar
- [4] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043164818308603>