

Multiplicando tiempos y simplificando caramelos

Antxon Santamaría, Universidad del País Vasco (UPC/EHU)

La superposición tiempo-temperatura (tTS), basada en la equiparación del efecto del tiempo con el efecto de la temperatura, ha sido profusamente utilizada para investigar la viscoelasticidad de los polímeros y obtener información acerca de la estructura de los mismos. Realizando, por ejemplo, medidas de la deformación bajo carga en un intervalo de tiempo a sucesivas temperaturas, se puede llegar a una curva maestra que agrupa todos los datos de deformación-tiempo-temperatura, utilizando para ello una variable de tiempo reducida, $t \times a_T$, que da cuenta también del efecto de la temperatura. El factor de deslizamiento, a_T , permite superponer las curvas deformación-tiempo obtenidas a distintas temperaturas, sobre una temperatura de referencia, lográndose así una curva única o curva maestra que cubre un margen de tiempos muy superior al obtenido experimentalmente. Este logro requiere que el material posea un comportamiento termoreológicamente simple, lo cual implica que todos los modos de relajación del material tengan la misma dependencia con la temperatura. Los polímeros amorfos de cadena lineal, tales como el poliestireno o el poli metil metacrilato (PMMA), cumplen esta condición y se han podido obtener curvas maestras que cubren márgenes de tiempo de más de una docena de décadas. De esta manera, podremos deducir que el vidrio llamado comúnmente “metacrilato” (en realidad PMMA) fluye a temperatura ambiente, claro que para ello se necesitan tiempos del orden de 10^{10} segundos. Y, por supuesto, el efecto contrario, es decir el PMMA “fundido” a 200º, que, sin embargo, responde como un sólido vítreo ante tiempos del orden de 10^{-4} segundos.

Para celebrar el décimo aniversario de la influyente revista científica *Soft Matter*, un grupo de investigadores de la Universidad de Edimburgo ha publicado un artículo sobre las posibilidades que la física de la “materia blanda” (“matière molle” cómo popularizó el Nobel de Física P.G. de Gennes) ofrece en el campo de los caramelos. Ello no resulta tan extraño teniendo en cuenta que esta revista, editada por la Royal Society of Chemistry, ya ha publicado en otras ocasiones estudios sobre la estructura de los alimentos tratándolos como “materia blanda”.

En el artículo en cuestión se demuestra que los resultados viscoelásticos de un número representativo de caramelos de distinta composición, se pueden superponer en una única curva maestra que cubre un margen de tiempo de doce décadas. Para obtener ese gran intervalo de tiempo, no han jugado con la superposición tiempo-temperatura (tTS), sino con la superposición tiempo-composición (tCS), valiéndose de las distintas formulaciones de caramelos que han analizado.

Admitiendo sin complejos la frase “No existen cosas simples, sino simplificadas”, atribuida según creo a Gastón Bachelard, los investigadores de Edimburgo han simplificado los caramelos, reduciendo su formulación a la variación de cuatro componentes preestablecidos: agua, proteína de leche (caseína), azúcar y grasa de palma.

Continúa en pág. sig.



El estudio se ha llevado a cabo sobre la pasta blanda de caramelo, es decir en un estado que cabría calificar como “gomoso” y para medir la viscoelasticidad se ha recurrido a experimentos oscilatorios de fuerza/deformación. Este tipo de experimentos tienen su antecedente en el péndulo de torsión libre aplicado a líquidos, inventado por Coulomb antes de la Revolución Francesa, aunque su trabajo se publicó en 1801; parece ser que en el interim la gente se dedicó a otras cosas. La clave está en medir el desfase o retardo, δ , que se produce en la deformación de un material cuando se aplica una fuerza oscilatoria de amplitud y frecuencia constantes. En el caso de un sólido ideal, tal y cómo lo concibió Hooke, la respuesta es inmediata, por lo que el desfase entre fuerza y deformación es $\delta = 0$, mientras que en el caso de un líquido Newtoniano, que carece totalmente de resistencia elástica, el desfase entre ambas funciones armónicas es $\delta = \pi/2$. Teniendo en cuenta los extremos en los que nos movemos, es fácil deducir que la respuesta intermedia, $0 < \delta < \pi/2$, sea la que prevalezca en el mundo real, que es un mundo viscoelástico. La separación entre la contribución elástica y la viscosa se realiza a través del módulo elástico, G' , que es proporcional a $\cos \delta$, y el módulo viscoso, G'' , que es proporcional a $\sin \delta$. Recordando un poco la trigonometría, vemos que el sólido Hookeano es incapaz de fluir ($\delta = 0$ implica $G'' = 0$) y el líquido Newtoniano carece de elasticidad ($G' = 0$ para $\delta = \pi/2$), pero para todo lo demás tendremos valores que reflejarán una respuesta elástica y viscosa. Con el desarrollo de la electrónica el análisis del desfase entre dos señales (fuerza y deformación) se ha convertido en una cuestión trivial, por lo que no ha quedado material ni substancia que no haya sido sometido a este tipo de experimentos: termoplásticos, cauchos, adhesivos, cerámicas, aceros, pero también leche, chocolate, sangre, esputos....

Los autores del artículo mencionado realizan medidas oscilatorias para evaluar el módulo elástico G' y el módulo viscoso G'' de sus caramelos, en un intervalo de frecuencias de 10^{-2} a 10^2 radian/s, y, como cabía esperar, obtienen resultados que dependen de la composición. Así por ejemplo observan que el módulo elástico, determinado a la frecuencia de 1 radian/s, aumenta linealmente con el contenido en grasa de palma. También constatan que ambos módulos se cruzan ($G' = G'' = G_x$ cuando $\delta = 45^\circ$) a una frecuencia que depende de la composición, observando que el módulo “equidistante” de la viscosidad y de la elasticidad, G_x , aumenta cúbicamente con el contenido en caseína. Dado que las medidas oscilatorias son relativamente sencillas si uno dispone de un reómetro adecuado, estos resultados y otros del artículo pueden ser presentados como útiles para hacer un control de la composición de los caramelos. Pero, ello no hubiese sido en absoluto suficiente para que la investigación mereciese ser publicada por una revista de la Royal Society of Chemistry.

Desde un punto de vista conceptual, lo más interesante es que las curvas de G' y G'' frente a la frecuencia van variando de manera gradual con la composición, de manera similar a la variación de los módulos de los polímeros con la temperatura. Es así como lo han visto los autores del artículo, que han logrado una curva maestra única para todas las composiciones consideradas, más de quince, utilizando un factor de deslizamiento a_c y cubriendo, gracias a la variable reducida $t \times a_c$, un margen de frecuencias de 10^{-6} a 10^6 radianes/s.

Continúa en pág. sig.



OFERTAS TRABAJO

Tenure-Track or Tenured Faculty Position

University of Minnesota
Chemical Engineering
and Materials Science
Minneapolis, Minnesota
Position starts: Aug. 29,
2016. [Link](#)

Assistant Professors -- Mechanical Engineering- Engineering Mechanics

Michigan
Technological University
College of Engineering --
Department of
Mechanical Engineering-
Engineering Mechanics
Houghton, Michigan
Position starts: Aug.
29, 2016. [Link](#)

CONGRESOS / JORNADAS

2016 5 Sep - 9 Sep
**26th Annual International
Conference on Computational
& Experimental Engineering &
Sciences (ICCES 2016)**
Madeira Island, Portugal - A.
Tadeu -- icces@icces.org - [Link](#)

2016 8 Ago - 13 Ago
**XVIIth International Congress
on Rheology**
Kyoto, Japan
Contact: Hiroshi Watanabe
hiroshi@scl.kyoto-u.ac.jp [Link](#)

2016 19 Jul - 22 Jul
**32nd International Conference
of the Polymer Processing
Society (PPS 32)**
Lyon, France - A. Maazouz -
abderahim.maazouz@insa-lyon.fr [Link](#)

2016 11 Jul - 14 Jul
**2nd International Conference
on Mechanics of Composites**
Porto, Portugal - A. Ferreira -
[+351-22-5081705](tel:+351-22-5081705) -
ferreira@fe.up.pt - [Link](#)

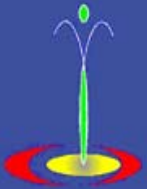
2016 27 Jun - 29 Jun
**International Conference on
Physics**
New Orleans, United States - R.
Kruse --
physics@omicsgroup.com -
physics.conferenceseries.com/

2016 19 Jun - 23 Jun
**8th International Conference
on Times of Polymers and
Composites (TOP 2016)**
Ischia, Italy - A. d'Amore --
info@topconference.it - [Link](#)

2016 22 May - 26 May
Fluidization XV
Quebec, Canada - A. CONWAY -
[2125146760](tel:2125146760) 2125146030 -
info@engconfintl.org - [Link](#)

Convirtiendo en tiempo la frecuencia de oscilación circular, la curva maestra permite saber cómo se comporta viscoelásticamente el caramelo universal a tiempos que van desde los 10^6 segundos hasta los 10^{-6} segundos. Así como en el caso de la superposición tiempo-temperatura (tTS) el factor de deslizamiento a_T se correlaciona con la estructura química de la unidad repetitiva del polímero, los investigadores de Edimburgo establecen una correlación del factor de deslizamiento a_c con la proporción agua/azúcar y el contenido en caseína.

Significativamente, la curva maestra obtenida para los caramelos es idéntica (en su forma) a la que el gran valedor de la viscoelasticidad de polímeros, J.D. Ferry, presenta en su libro "Viscoelastic Properties of Polymers" para un caucho levemente reticulado, en el que el peso molecular entre puntos de reticulación (unión química entre cadenas distintas) es 23000g/mol. La reticulación del caucho prácticamente impide que este fluya y por eso a bajas frecuencias el módulo elástico G' supera al módulo de pérdidas G'' , contradiciendo, en primera instancia, la existencia de flujo en polímeros para tiempos largos de experimentación. En los caramelos de la Universidad de Edimburgo se produce exactamente lo mismo, ya que para frecuencias comprendidas entre cercanas a los 10^{-5} o 10^{-6} radian/s el módulo elástico es cuatro veces mayor que el módulo viscoso, lo que significa que el desfase o retardo entre fuerza y deformación es $\delta = 14^\circ$, bastante más cerca del sólido Hookeano ($\delta = 0^\circ$) que del líquido Newtoniano ($\delta = \pi/2$). Este resultado permite a los autores ahondar en la naturaleza de la estructura de los caramelos y deducir que las gotas de aceite y la caseína constituyen una red que hace asemejar a estos alimentos últimamente tan denostados, con los nunca suficientemente bien ponderados cauchos.



EMPRESAS COLABORADORAS

Grupo Español de Reología

Real Sociedad Española de Física y
Real Sociedad Española de Química

nº0016 enero - marzo 2016



NOVEDADES

Instrumentos Físicos Ibérica S.L.



Nuevo reómetro VT iQ Air



[Más información](#)

El exitoso reómetro VT iQ da un nuevo salto en prestaciones.

La nueva versión "Air" se convierte en el reómetro con cojinete de aire y posibilidad de ensayos oscilatorios más pequeño disponible actualmente en el mercado. Puede ser utilizado tanto como una unidad portátil independiente, como completamente controlado por software, para convertirse en un equipo imprescindible en su laboratorio de control de calidad o de investigación.

Sin duda se trata del reómetro con la mejor relación calidad / precio disponible en la actualidad.

Encuentre más información y especificaciones acerca de los reómetros "VTiQ" y "VTiQ Air" en nuestra web www.ifi.es

No dude en contactar con nosotros si desea información adicional.

Contacto: ifi@ifi.es Tel: Vigo 986 115 003 ; Barcelona 934 463 659

INNOVACIONES EN LA NUEVA SERIE DE REÓMETROS DHR DE TA INSTRUMENTS

Modo DMA en axial para sólidos. Exclusivo de los reómetros DHR

Tradicionalmente todos los reómetros son capaces de realizar ensayos de DMA de probetas sólidas en modo torsión y en modo tensión utilizando el dispositivo de reología extensional. Pero los reómetros Discovery añaden una nueva dimensión en el análisis de sólidos son los **UNICOS REÓMETROS DEL MERCADO que realizan ensayos de DMA en axial en los modos: tensión, compresión, cantiléver y flexión en tres puntos.** Esta característica única de nuestros reómetros es debida al transductor de fuerza normal activo (FRT) y al cojinete axial magnético patentado.



[Más información](#)

Nuevo Plato Peltier de Bayoneta

Nuestro nuevo Plato Peltier combina la flexibilidad, robustez y un amplio rango de temperatura (-40 a 200°C) en un único sistema diseñado para cubrir el mayor abanico de aplicaciones posible. El cambio de platos tipo bayoneta, permite incorporar diferentes tipos de materiales y superficies en la parte inferior como, aluminio apasivado, titanio, acero, rugoso, sandblast ed, desechables, inmersión, cámara etc... [Más información](#)



Stepped Plate



Sandblasted Plate



Disposable Plate

<http://www.tainstruments.com>

NOVEDADES IESMAT



Nueva línea de Reómetros Kinexus+ de Malvern Instruments, que amplía el rango de par de torsión aplicable y mejora su resolución.



Nuevo mVROC-i: Reometría innovadora por Microfluidificación para aplicaciones industriales. El nuevo mVROC-i de Malvern Instruments ofrece una nueva y patentada tecnología de Reómetro-en-un-chip que consigue obtener valores de viscosidad de alta resolución en régimen de velocidades de deformación ultra-altas.



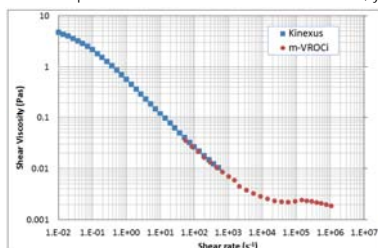
Los experimentos a altas velocidades de deformación para materiales de baja viscosidad resultan inaccesibles con los tradicionales reómetros mecánicos, pero se constituyen en importantes y relevantes para muchos procesos industriales y entornos de aplicación del producto.

Con mVROC-i es posible caracterizar la viscosidad de un inkjet o un lubricante hasta velocidades de deformación que alcanzan los 1.400.000 s⁻¹, pudiendo simular un proceso de inyección si necesidad de extrapolar resultados con el peligro que ello implicaría.

A través de una tecnología híbrida patentada, que incorpora micro-sensores electro-mecánicos (MEMS), mVROC-i permite acceder a datos de viscosidad nunca antes accesibles, y a través de un sencillo experimento realizable en unos pocos minutos.



Extendiendo las capacidades de la reometría para el análisis de materiales de baja viscosidad: a través de una interfaz de usuario diseñada para una total compatibilidad con Kinexus+ software, la importación y/o superposición de datos para una visión global del comportamiento de nuestras muestras es inmediato, y con una exactitud de resultados extrema.



Más información en www.malvern.com/en/m_VROC-i

NOVEDADES MASSÓ ANALÍTICA



Reómetro TwinDrive MCR 702

AntonPaar sigue innovando para proporcionar a los investigadores herramientas potentes para sus estudios reológicos.

Gracias al reómetro excepcional, innovador y de calidad superior **TwinDrive MCR 702**, por primera vez en la historia de la reometría es posible realizar ensayos reológicos con dos



transductores de torque y unidades de transmisión a la vez: Dos unidades de motor EC potentes en una configuración modular combinada – lo suficientemente flexibles y precisas para proporcionar cualquier resultado que los usuarios estén buscando. En resumen, este es el primer sistema que cubre todas las aplicaciones reológicas posibles. **TwinDrive MCR 702:** Un reómetro, dos motores EC, todas las posibilidades.

Vea un vídeo y más explicaciones en el siguiente link:

[MCR-702](#)

Yun ejemplo de aplicación con el MCR702:

["Influence of Rotational Mode on Rheometry of Low-Viscosity Fluids"](#)

Para más información contacte con nosotros:

sales@masso.com