

Flexión del vidrio recocido en cuatro puntos

de Ita de la Torre Antonio Silvio

Departamento de Materiales, UAM Azcapotzalco
Av. San Pablo # 180, México, D. F., CP 02200.

add@correo.azc.uam.mx

Fecha de aceptación: 31 de Agosto de 2015

Fecha de publicación: 23 de Septiembre de 2015

RESUMEN

Se determinó la flexión en cuatro puntos de un vidrio comercial que fue previamente recocido. Los resultados muestran un comportamiento lineal en la curva esfuerzo - deflexión, se observa que el valor de la pendiente de la recta se reduce, con respecto a la muestra sin tratamiento térmico de recocido. Se encontraron curvas atípicas y por el momento sin explicación, especialmente en las probetas de mayor espesor.

Palabras clave: propiedades mecánicas, vidrio, ensayo de flexión de 4 puntos.

ABSTRACT

The mechanical behavior of a commercial glass with flexion devise in four points was measure. The curve stress - strain present a linear behavior and the value of slope was lower than the one with not heat treatment, as expected. But also we obtain other type of curves not so typical, with no explanation at the moment, especially for height thick.

Key words: mechanical properties, glass, flexural test of 4 points.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento elástico en tensión - deformación de los materiales frágiles ensayados a flexión es similar al comportamiento de los metales en ensayos de tracción: existe una relación lineal entre la tensión y la deformación.

En general, la deformación plástica de los materiales cerámicos cristalinos tiene lugar por el movimiento de dislocaciones, como ocurre en los metales. Una razón que explica la dureza y fragilidad de estos materiales es la dificultad del deslizamiento o movimiento de las dislocaciones. Existen pocos sistemas de deslizamiento, planos cristalográficos y direcciones en estos planos, a lo largo de los cuales las dislocaciones pueden moverse. Esto es una consecuencia de la naturaleza de los átomos iónicos, que están eléctricamente cargados. En el deslizamiento según algunas direcciones, iones de igual carga quedan situados a distancias muy próximas unos de otros, por lo que, debido a la repulsión electrostática, este modo de deslizamiento es muy restringido (Askeland, 1998).

Para la mayoría de los materiales frágiles el ensayo de tensión no puede realizarse de forma convencional, a causa de la presencia de imperfecciones en la superficie. Prácticamente sólo con colocar un material frágil en las mordazas de la máquina de ensayos de tensión se produce la fractura. Así, los materiales frágiles sólo se pueden probar con el ensayo de flexión o de compresión, de ahí la importancia de estos dos ensayos para estos materiales.

Los resultados del ensayo de flexión son parecidos a las curvas de esfuerzo - deformación; sin embargo se gráfica el esfuerzo en función de la deflexión y no en función de la deformación unitaria. El módulo de elasticidad en flexión o módulo de flexión, se calcula en la región elástica de dicha curva. Al deducir el esfuerzo de flexión en este ensayo se supone una respuesta lineal esfuerzo - deformación unitaria, lo que no se puede hacer en forma correcta en muchos polímeros.

El ensayo de flexión con cuatro puntos es mucho mejor para materiales que contienen imperfecciones superficiales, que como se sabe, son concentradores de los esfuerzos. Esto se debe a que el momento de flexión entre los apoyos superiores es constante y entonces las muestras tienden a romperse en un lugar al azar. Mientras que en tres puntos siempre se concentra el esfuerzo donde está el apoyo superior. Las grietas e imperfecciones tienden a permanecer cerradas durante la compresión, por eso los materiales frágiles, se diseñan de tal modo que sobre la superficie sólo actúen esfuerzos de compresión. Muchas veces se encuentra que los materiales frágiles fallan cuando los esfuerzos de compresión son mucho mayores que los esfuerzos de tensión (Callister, 1995 y Reed Hill, 1980). Este equipo se diseñó y mejoró en base a las experiencias anteriores (Martínez y de Ita, 2005), (De Ita *et al.*, 2006), (De Ita *et al.*, 2007).

METODOLOGÍA

Se utilizó vidrio comercial común de diferentes espesores: 0.2, 0.3 y 0.6 cm. Las dimensiones de las probetas fueron de 14 cm de largo por 2 cm de ancho y de los espesores mencionados. El dispositivo de flexión de cuatro puntos se diseñó y construyó parcialmente en nuestro laboratorio para las máquinas universales de pruebas mecánicas, especialmente de tensión: la Monsanto y la United. En la figura 1 se ven las partes del dispositivo.



Figura 1. Fotografía del dispositivo para flexión en cuatro puntos

Desarrollo

Se colocó el dispositivo en la máquina de pruebas United y se montaron las probetas como se muestra en la figura 2. Se probaron las diferentes muestras de vidrio comercial sin tratamiento térmico y después de un recocido a 300 °C por una hora. Las dimensiones de las probetas empleadas fueron las siguientes: longitud total 14 cm, longitud entre apoyos inferiores 12.5 cm y longitud real entre apoyos superiores 11.5 cm.

Para asegurar el buen alineamiento de todo el sistema se utilizó una precarga de 0.5 kilogramos a una velocidad de 0.3 cm / minuto, una vez alcanzado el equilibrio se procedió a realizar la prueba hasta la fractura, con la velocidad de 0.5 cm / minuto, registrando un dato por segundo, durante la prueba. Se encontró que una carga máxima de 5 kilogramos y un alargamiento máximo de 5 mm eran suficientes para los espesores estudiados. Todos los parámetros se programaron en el equipo y los resultados carga - desplazamiento, se convirtieron en Excel para calcular los valores de esfuerzo – deformación. La forma típica de presentar los resultados de flexión es carga o esfuerzo contra deflexión para observar una línea recta. Este resultado es el típico del ensayo de un material frágil, como es el caso del vidrio. Para cada una de las gráficas se determinó el módulo de Young o elástico correspondiente.



Figura 2. Fotografía del dispositivo completo y ya montado en la máquina United. La probeta de vidrio está en la parte media y se puede observar uno de los apoyos superiores apuntando hacia abajo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 3 se presentan las gráficas obtenidas para los diferentes espesores. Se observa que los valores se agrupan por su espesor. Un grupo para dos milímetros y otro para seis milímetros. Lo más interesante es que ambos grupos tienen prácticamente la misma pendiente, el valor del módulo de Young, como se muestra en las ecuaciones de la figura 3, solo hay una pequeña diferencia en los valores.

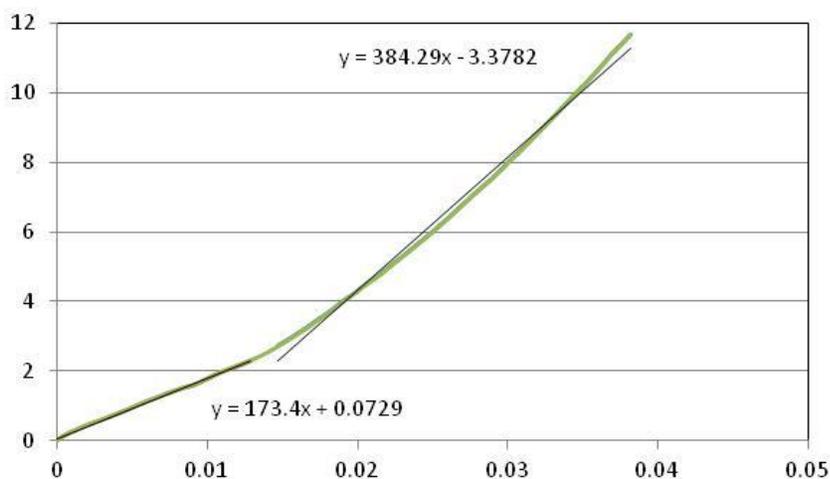


Figura 3. Gráfica de dos espesores, 3 de cada uno, con el cálculo de la pendiente

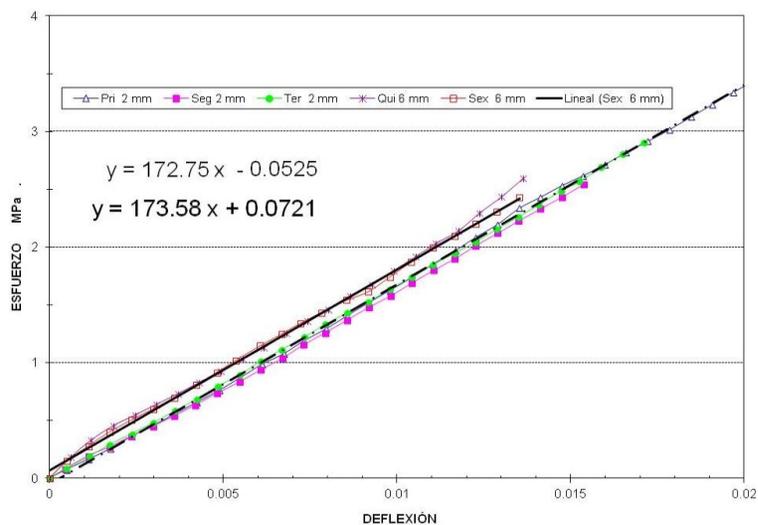


Figura 4. Gráfica para un espesor antes y después del tratamiento a 300 °C por una hora, con el cálculo de la pendiente

En la figura 4 se presenta, en otra escala el comportamiento obtenido en un vidrio de tres milímetros de espesor antes y después del recocido. Como era de esperar el material sin tratamiento térmico es mucho más resistente que el tratado térmicamente ya que presenta un valor mayor en su módulo de

Young. Por otro lado, recordando el comportamiento de los metales, se esperaba que la deformación fuese mayor en el material tratado térmicamente, esto no ocurre, y la recta es más corta con respecto a la del vidrio sin tratamiento térmico.

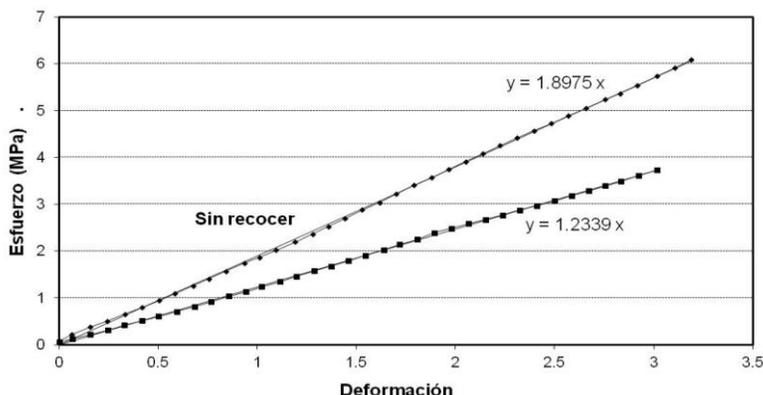


Figura 5. Gráfica para un vidrio de 6 mm de espesor con un comportamiento atípico dos partes con diferentes pendientes

En la figura 5 se muestra un resultado inesperado, en lugar de tener una sola pendiente se puede ver claramente que tiene dos pendientes muy diferentes como si se tratara de dos materiales distintos. La muestra corresponde al mismo grupo de materiales de la gráfica de la figura 1, pero su comportamiento es muy diferente, al probar varias muestras encontramos también este comportamiento en otras muestras del mismo espesor. Una primera evaluación podría sugerir que el material presenta un endurecimiento por deformación, que no es común observar en materiales frágiles.

CONCLUSIONES

No se encontraron valores en la literatura especializada para comparar con nuestros resultados. Los valores de las pendientes de las rectas en cada espesor son constantes, como se esperaba, y con un intervalo de error no muy grande, aunque se observa que depende un poco del espesor. Esto indica que las muestras no tienen propiedades uniformes en todo el volumen y especialmente en la superficie.

El proceso de tratamiento térmico de recocido produce una disminución en el Módulo de Young. Aunque la cantidad de la deformación decrece también.

Se observó un cambio de pendiente, comportamiento atípico, en probetas de mayor espesor lo que se atribuye a procesos de endurecimiento en el material. Dicho comportamiento podría observarse en aquellas muestras de menor espesor si se someten a temperaturas y tiempos de recocido más largos.

Por otro lado pensamos que estudios de microscopía electrónica in situ serán de gran importancia para poder explicar el comportamiento de estos materiales.

REFERENCIAS

- Askeland D. R., (1998). Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 3ª Ed., Internacional Thomson Editores, D. F., México.
- Callister W. D. Jr., (1995). Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Editorial Reverté, S. A., México.

De Ita A., Domínguez D., Macías L., (2006). Diseño y construcción de un dispositivo para flexión en cuatro puntos. *XI Reunión Nacional Académica de Física y Matemáticas*, México, D. F.

De Ita A., Téllez L., Cárdenas J., (2007). Efecto del ciclo de recocido en el módulo de ruptura del vidrio plano sódico – cálcico, *XXVIII Encuentro Nacional de la AMIDIQ*, Manzanillo, Colima, 1- 4 Mayo.

Martínez O., de Ita A., (2005). Reconstrucción de un equipo para ensayos deflexión. *Memorias de la 10ª Reunión Nacional Académica de Física y Matemáticas*, ESFM del IPN, México, D. F., 328 - 332.

Reed Hill R. E., (1980). *Principios Metalurgia Física*, CECSA, México, D. F.