

EXPERIMENTOS PARA ESTUDIAR
PROPIEDADES MECÁNICAS DE MATERIALES

Dirigida a docentes de las áreas Ciencia y Tecnología

Dra. Alicia Sarce

INSTITUTO SABATO

Universidad Nacional de General San Martín-Comisión Nacional de Energía Atómica
sarce@cnea.gov.ar

Asesoramiento en la planificación del proyecto: Lic. María del Pilar Ovejero

EXPERIMENTOS PARA ESTUDIAR

PROPIEDADES MECÁNICAS DE MATERIALES

Dirigida a docentes de las áreas Ciencia y Tecnología

Contenidos y Mapa conceptual:

A través de los experimentos que se proponen se realiza un estudio de las características de la respuesta de diferentes materiales a fuerzas aplicadas externamente. Esas características de la respuesta, definen las **Propiedades mecánicas de los materiales**.

En particular se analizan distintos:

Tipos de deformación:

- **Elástica** (desaparece cuando se quitan las fuerzas)
- **Plástica** (se mantiene cuando se quitan las fuerzas)

y

Tipos de materiales:

- **Dúctiles** (admiten deformación plástica antes de romperse)
- **Frágiles** (no admiten deformación plástica antes de romperse)

Objetivos:

Que los alumnos:

- Descubran el comportamiento de los materiales cuando se aplican fuerzas sobre ellos.
- Exploreen diferentes materiales.
- Se inicien en el conocimiento de terminología específica.

Materiales a usar en los experimentos:

- Tizas (son materiales cerámicos).
- Alambres maleables (son materiales metálicos).
- Copas descartables (son de poliestireno, que es un material polimérico (los materiales poliméricos son llamados también polímeros o plásticos)).
- Rectángulos de placas radiográficas aproximadamente del tamaño de una tiza (la placa es de poliéster, que es un material polimérico).
- Banditas elásticas (son polímeros que, en particular, se denominan elastómeros).
- Bolsas de supermercado (son de material polimérico).
- Hojas de papel (material polimérico).
- Chicles (polímeros).

A- Experimentos (Grupo A)

1. Tomar la tiza con ambas manos y tratar de flexionarla, aplicando con los dedos pulgares una fuerza hacia arriba en el centro (F_1) y con el resto de los dedos fuerzas hacia abajo en los extremos (F), como está indicado en la figura 1.

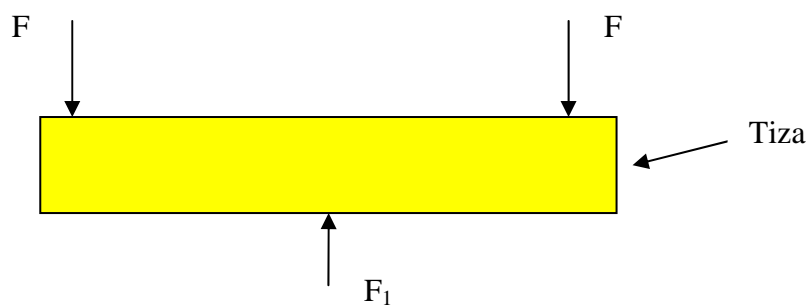


Figura 1

2. Deformar el alambre, haciendo con las manos nuevamente una deformación de flexión (figura 2).

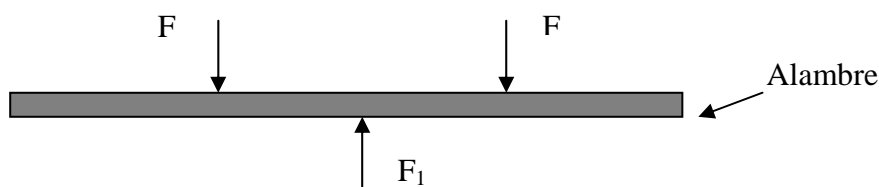


Figura 2

3. Aplicar sobre el poliestireno fuerzas de flexión como en los casos anteriores.
4. Deformar los rectángulos de placas radiográficas, aplicando nuevamente una deformación de flexión.

Observar qué sucede en cada caso al aplicar las fuerzas.

Nota: La tiza, el trozo de alambre, la copa de poliestireno y el trozo de placa radiográfica usados en **los ensayos mecánicos** (en este caso **ensayo mecánico de flexión**) son denominados **probetas**.

Resultados de los experimentos (Grupo A):

1. La tiza se rompe después de aplicar fuerzas suficientes.
2. El alambre se puede flexionar sin dificultad. Al quitar las fuerzas, queda deformado (flexionado).
3. Al igual que la tiza, el poliestireno se rompe al aplicar fuerzas suficientes.
4. La placa radiográfica se puede flexionar fácilmente. A diferencia del alambre, sin embargo, la probeta de placa radiográfica no queda deformada al quitar las fuerzas, sino que recupera su forma original.

Análisis de los resultados (Grupo A):

- A temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) el alambre elegido y, en general, todos los materiales metálicos, pueden deformarse cuando se aplican fuerzas sobre ellos y quedar deformados cuando éstas se quitan antes de que rompan. Los materiales que tienen este comportamiento son **materiales dúctiles**.
- A la temperatura ambiente, los materiales cerámicos se rompen cuando se los somete a fuerzas suficientes. En el caso particular de la tiza, si se unen las partes rotas se obtiene la tiza original. Los materiales que tienen este comportamiento, es decir, que se rompen sin tener previamente una deformación permanente, son **materiales frágiles**. A la temperatura ambiente, los materiales cerámicos son frágiles.
- A temperatura ambiente, el poliestireno es también un material frágil.
- Las probetas de placas radiográficas, por el contrario, no se rompen cuando se las flexiona. Sin embargo, a diferencia del alambre, al eliminar las fuerzas que las mantienen deformadas, estas probetas recuperan su forma original.

La deformación que se recupera al eliminar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo (éste vuelve a su forma y tamaño original), es llamada **deformación elástica**. La deformación de una probeta que no se recupera al eliminar las fuerzas que actúan sobre ella (la probeta queda deformada), es llamada **deformación plástica**. En un ensayo de flexión, el alambre se deforma plásticamente, mientras que las placas radiográficas se deforman elásticamente.

Nota: Todos los materiales metálicos antes de comenzar a deformarse plásticamente y los materiales cerámicos antes de romperse en forma frágil, tienen una deformación elástica. Esta deformación elástica es tan pequeña que se requiere el uso de equipos de laboratorios de ensayos mecánicos para poder detectarla. Las deformaciones elásticas en los polímeros son, por el contrario, en general mucho mayores. Por eso, en los experimentos que se proponen en esta práctica, la deformación elástica se visualiza en estos materiales (placa radiográfica, bandita elástica).

B- Experimentos (Grupo B)

1. Sostener con una mano un extremo de la bandita elástica y con la otra mano el otro extremo. Estirar la bandita aplicando fuerzas como está indicado en la figura 3 (ensayo de tracción). Notar el gran alargamiento que llega a tener. Soltar uno de los extremos de la bandita.

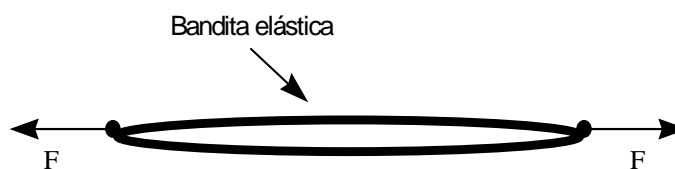


Figura 3

2. Cortar de la bolsa de supermercado un rectángulo de aproximadamente 0.1 m x 0.04 m. Traccionarlo en la misma forma que en el experimento anterior sin que llegue a romper. Soltar uno de los extremos de la probeta.

Resultados de los experimentos (Grupo B):

1. Al soltar uno de los extremos, la bandita elástica recupera su tamaño inicial.

2. Al quitar las fuerzas mediante las cuales se estira el rectángulo cortado de la bolsa de supermercado, éste queda deformado.

Análisis de los resultados (Grupo B):

- A temperatura ambiente, la deformación de la bandita elástica es totalmente elástica.
- La probeta tomada de la bolsa de supermercado se deforma plásticamente. El polímero con el que está fabricada es, entonces, un material dúctil.

C- Experimentos (Grupo C)

1. Tomar un chicle y masticarlo. ¿Es el chicle un material dúctil o frágil? Introducirlo luego en un freezer. Dejarlo hasta el día siguiente. ¿Qué observa al sacarlo?
2. Tomar una hoja de papel sujetándola con las manos desde los vértices superiores. Tratar de romperla aplicando las fuerzas F como está indicado en la figura 4 (tirando hacia fuera).

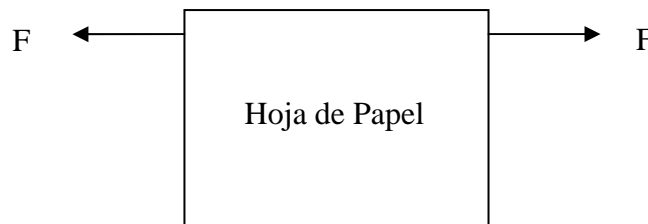


Figura 4

3. Tomar una hoja de papel igual a la anterior, hacer en ella una muesca (fisura) como está dibujada en la figura 5, y tratar de romperla aplicando fuerzas en la misma forma que en el caso anterior.

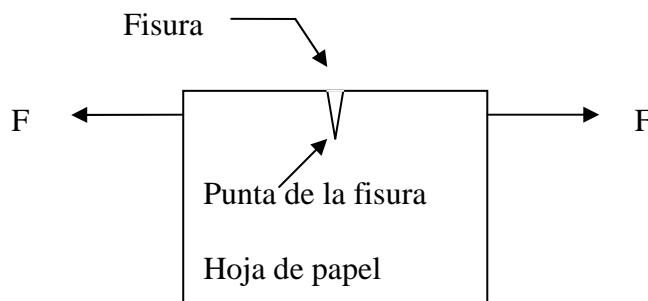


Figura 5

Comparar la fuerza que es necesario aplicar para romper la hoja de papel en el caso 2, con la fuerza que es necesario aplicar en el caso 3. ¿Cuál es mayor?

Resultados de los experimentos (Grupo C)

1. El chicle a temperatura ambiente es un material dúctil, porque admite deformación plástica. Cuando se enfría en el freezer (-15°C (15 grados centígrados bajo cero) aproximadamente), se vuelve frágil y se rompe al doblarlo, como ocurría con la tiza.
2. Es necesario aplicar una fuerza mayor para romper el papel que no tiene la fisura (caso 2).

Análisis de los resultados (Grupo C)

- Al sacar el chicle del freezer se observa que se rompe fácilmente; se comporta como un material frágil (se ha fragilizado). Es decir: a temperatura ambiente el chicle es un material dúctil. A la temperatura del freezer, el chicle es un material frágil. **Que un material sea frágil o dúctil, depende de la temperatura a la que se encuentre.** La copa descartable, por ejemplo, arriba de 100°C no es frágil mientras que algunos aceros (metales) a muy bajas temperaturas (por ejemplo a -150°C) pueden ser frágiles.
- Al hacer los experimentos indicados en 2 y en 3 se observa que, si la hoja que no tiene muesca se rompe cuando la fuerza externa F alcanza, por ejemplo, un valor F_1 , la hoja en el caso 3 se rompe cuando la fuerza externa es F_2 , menor que F_1 (ver figura 6). La razón es la siguiente: **la punta de la fisura actúa como un amplificador de fuerzas.** Cuando desde afuera se está aplicando la fuerza externa F_2 y comienza a romperse la hoja con la muesca, es porque en la punta de la fisura se alcanza la fuerza interna F_1 , que corresponde a la fuerza necesaria para romper el papel sin muesca. Se dice que la fisura se propaga, haciendo que el papel se rompa. Conclusión: para propagar una fisura (caso 3) debo hacer una fuerza externa menor que para formar y luego propagar la fisura (caso 2).

Nota: observar que el sobre de algunos saquitos de té y otros envases tienen una muesca, justamente para hacer más fácil su abertura.

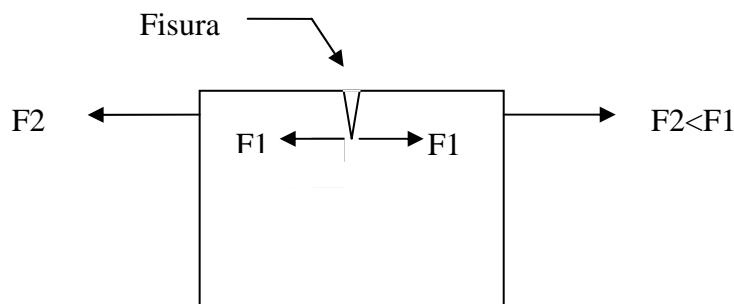


Figura 6

Conclusiones generales

I- Cuando se aplican determinadas fuerzas sobre un material:

- i) éste puede deformarse y quedar deformado cuando se quitan las fuerzas (**deformación plástica**).
- ii) puede deformarse y recuperar su forma original cuando se quitan las fuerzas (**deformación elástica**).
- iii) puede **romperse sin** tener una **deformación plástica** previa.

II- A temperatura ambiente, en general, los metales (recordar el experimento **2 (Grupo A)** realizado con el alambre) se comportan como está descrito en i): **son dúctiles**. Los materiales cerámicos (recordar el experimento **1 (Grupo A)** con la tiza) se comportan como está descrito en iii): **son frágiles**. También a temperatura ambiente, los materiales plásticos pueden ser dúctiles (bolsa de supermercado) o frágiles (copas descartables).

III- La punta de una fisura actúa como un amplificador de fuerzas externas. Una probeta que tenga una fisura previa puede romperse aplicando sobre ella una fuerza externa menor que si no tuviera la fisura.

IV- Los materiales son dúctiles o frágiles dependiendo de la temperatura a la que se encuentran. Por eso se ha hecho hincapié en señalar que cada uno de los experimentos (salvo cuando se ubica el chicle en el freezer) se realiza a temperatura ambiente.

V- Cuando las fuerzas aplicadas son pequeñas (no son lo suficientemente grandes como para producir deformación plástica en un material dúctil o para romper un material frágil), **todos los materiales tienen una deformación elástica**. En las probetas de placas radiográficas y en las banditas elásticas esa deformación elástica es grande y puede verse a ojo desnudo. En el caso de los metales y de los materiales cerámicos esa deformación elástica es muy pequeña. Sólo puede detectarse a través de equipos especiales ubicados en laboratorios de ensayos de materiales.

Agradecimientos: al Ing. Luis de Vedia por los oportunos comentarios realizados al trabajo.
al Sr. Patricio Escobar por la lectura del proyecto.

Problemas:

1- A partir de la experiencia adquirida con la realización de los experimentos propuestos y suponiendo que no dispone de herramientas (ninguna pinza, ni sierra, por ejemplo) ¿cómo podría cortar un alambre como el usado en el experimento **2 (Grupo A)**?

Respuesta: Se consigue cortar el alambre flexionándolo hacia arriba y hacia abajo muchas veces. Al hacer esto se producen pequeñas fisuras en la superficie de la zona en que se dobla. Una vez formadas, estas fisuras crecen lentamente cada vez que se vuelve a flexionar el alambre. Llega un momento en que adquieren un tamaño tal que la fuerza que se hace para seguir flexionándolo es suficiente como para que las fisuras se propaguen rápidamente y el alambre se rompa (en este caso, se dice que la rotura es por fatiga del material).

2- En base al resultado del experimento realizado con el chicle, si se le pegara uno en un pantalón, ¿cómo haría para despegarlo?

Respuesta: Poniendo el pantalón en el freezer se consigue sacar fácilmente el chicle porque éste se fragiliza.

Bibliografía general:

- A. Sarce, "Introducción a la Ciencia de los Materiales". IT 34/95 (1995). Actualización (2002).
- L. H. Van Vlack, "Materiales para Ingeniería", Compañía editorial Continental, S.A. de C.V., México, 1991.

- J.F. SHACKELFORD , “Introduction to Materials Science for Engineers”, 4^{ta} edition, U. de California, Davis, USA, 1992.

