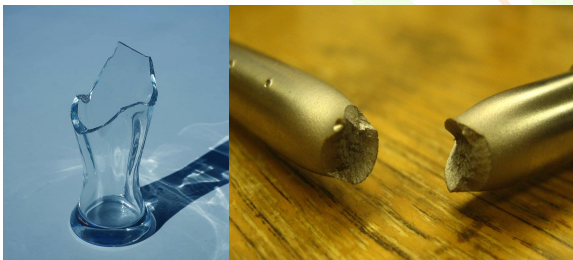


Una mirada a la fractura de los materiales

Tipos de fractura

La experiencia diaria nos da evidencia de que las cosas se pueden romper. A eso técnicamente se lo llama *fractura de materiales*. Las roturas pueden ocurrir de dos maneras distintas. Un vidrio o un objeto cerámico se rompe con una fractura del tipo *frágil*. La pieza no se deforma (o mínimamente). Es por eso que los trozos de un jarrón de porcelana roto pueden volver a pegarse, ya que siguen respetando forma y tamaño. En cambio, cuando la fractura se produce en un metal, es del tipo *dúctil* y es la culminación de un proceso de deformación o estiramiento del material². El metal cambia de forma antes de romperse.



Los dos modos de rotura que puede presentar un material sólido: fractura frágil (vidrio) y fractura dúctil (metal).

Velocidad de la fractura

Si bien la diferenciación anterior es de gran importancia conceptual y práctica, desde el punto de vista ingenieril es también importante caracterizar el proceso de fractura según la *velocidad* con que se desarrolla. Cuando se produce una fractura frágil, siempre es rápida; la velocidad de propagación de la fisura³ es de miles de metros por segundo. En cambio, la fractura dúctil puede ser rápida o no, según las características del material y de las cargas (fuerzas) a las que esté sometido. La fractura rápida constituye el modo de falla más catastrófico que puede afectar a un elemento estructural, y puede implicar el alto costo de vidas y de bienes, frecuentemente asociados. No es precedida por deformaciones visibles que permitan tomar medidas para evitarla o reducir la gravedad de sus consecuencias. Al producirse de manera sorpresiva, en una situación normal sin sobrecargas, una vez iniciada pocas veces se detiene.



Autor

Luis A. de Vedia

Ingeniero Electricista (UNLP)

Maestría en Tecnología de la Soldadura (Cranfield Institute of Technology - Reino Unido)

Ex Jefe del Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (CNEA)

Ex Investigador Principal (CIC)

Ex Profesor Titular Ordinario (IS)

Profesor Honorario de la UNMdP

Profesor Consulto Asociado de la FI (UBA)

Miembro de tres Academias Nacionales¹

Sus causas

Un objeto puede sufrir *compresión* (por peso o carga) o *tracción* (estiramiento), tal vez mas allá de lo que esté diseñado para soportar. La fractura de los materiales estructurales es una de las causas de derrumbe de edificios y puentes o rotura de represas. Una fractura se puede dar por diseño inadecuado de la pieza o conjunto de piezas, la mala calidad de los materiales, la presencia de vibraciones más allá de las previstas, o por fragilización de los materiales por bajas temperaturas, entre otras razones.

¿Cómo se pueden prever?

Actualmente existen muchas técnicas que permiten detectar fisuras empleando sonido o imagen. Entre las técnicas de *ensayos no destructivos* se encuentra la emisión acústica (micrófonos que “escuchan” el ruido que producen las fisuras cuando se mueven), la aplicación de tintas penetrantes o partículas magnéticas. También se emplean métodos con radiación ionizante como la gammagrafía, que permite estudiar el interior de los objetos sin perjudicarlos.

Un poco de historia

Los materiales frágiles como el ladrillo y el concreto actúan bien solo bajo compresión. La necesidad de recurrir a diseños aptos para evitar la fractura frágil no es un concepto nuevo. Así fue como surgió el *arco de medio punto*, presente ya en la arquitectura etrusca, el estilo de los puentes romanos y las grandes cúpulas de edificios, construidas apilando material. Recién al inventarse el *hormigón armado*, donde una viga o colum-

na es reforzada con hierro dúctil, y la producción en masa del acero en la Revolución Industrial, posibilitaron la construcción de grandes áreas cubiertas, sin la utilización del techo abovedado. Los primeros estudios de fractura se remontan posiblemente a *Leonardo da Vinci*, quien midió la resistencia a la rotura por estiramiento de alambres de hierro, y encontró que la misma es inversamente proporcional a la longitud de la pieza ensayada. Esto puso de manifiesto por primera vez el hecho de que la distribución de los defectos en el material controla su resistencia, ya que al ser de mayor longitud, un alambre tiene una mayor probabilidad de contener tales defectos. No obstante, esta investigación revestía un carácter aun cualitativo y fue necesario esperar hasta principios del siglo XX, cuando en 1920 *Alan A. Griffith*, ingeniero aeronáutico británico publicó los resultados de sus investigaciones sobre la propagación inestable de fisuras en vidrio. Esto llevó al inicio de un programa de investigación en el tema, que condujo al desarrollo de la llamada *Mecánica de Fractura*⁴.

Cambios de criterios por fallas

El fenómeno de fractura rápida se hizo particularmente dramático en las roturas de muchos barcos fabricados para la marina de los EE.UU. durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se decidió que los cascos, contruidos anteriormente con placas remachadas, se soldaran para acelerar la velocidad de construcción. Resumiendo, unos 800 barcos sufrieron fallas estructurales importantes y alrededor de 200 sufrieron fracturas mayores, poniéndose en evidencia alguna relación entre el uso de la soldadura y los problemas de falla por fractura rápida. Esto fue ejemplo de factores dañinos ajenos al diseño, introducidos durante la fabricación, que no fueron detectados como factores potenciales de riesgo por los responsables de la construcción e inspección. Esta triste experiencia y análogas acaecidas en recipientes de presión y otros elementos estructurales, pusieron de relieve la insuficiencia de los criterios clásicos de diseño, produciendo perjuicios de vida y económicos de magnitudes tales que modificaron los criterios, y posicionaron a los estudios sobre fractura de materiales entre los temas de investigación importantes de la actualidad.



El antiguo acueducto romano Acqua Claudia, terminado en el 52 d.C fue construido en base a arcos de medio punto.



Barco de guerra Tanker -2 USS Schenectady - Un caso clásico de fractura rápida (frágil), acaecida en puerto, estando la nave amarrada y descargada.

REFERENCIAS

1 El autor es miembro de la Academia de Ciencias de Buenos Aires, de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y de Ingeniería.

2 Para pequeñas deformaciones, los metales se comportan elásticamente. Durante el período elástico, se cumple la Ley de Hooke, según la cual el alargamiento del cuerpo metálico es directamente proporcional a la fuerza de tracción aplicada sobre el mismo e inversamente proporcional al área de su sección transversal. Superado el límite elástico, sobreviene el período plástico, durante el cual las deformaciones son permanentes, y a su término, el cuerpo experimenta el colapso o fractura.

3 Una fisura es una grieta. Un material puede contener una fisura sin llegar a fracturarse. Fisura es lo que comúnmente se denomina rajadura.

4 Es la rama de la ciencia que estudia los mecanismos de formación y propagación de fisuras, analizando las tensiones que sufren los materiales, para determinar su resistencia a la fractura.

ABREVIATURAS

CIC: Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica

IS: Instituto Sabato (CNEA - UNSAM)

FI: Facultad de Ingeniería

UBA: Universidad Nacional de Buenos Aires

UNLP: Universidad Nacional de La Plata

UNMdP: Universidad Nacional de Mar del Plata

UNSAM: Universidad Nacional de San Martín

NOTA DEL EDITOR:

Como complemento de este tema se recomienda ver:

Una mirada a qué nos gritan los materiales (emisión acústica)

Una mirada a la tomografía del hormigón armado.

Una mirada a las técnicas de ensayo no destructivo.



Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable
Comisión Nacional de Energía Atómica

Tel: 011-4704-1485 www.cnea.gov.ar/ieds

Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina

Año de edición: 2020/3º ISBN: 978-987-1323-12-8