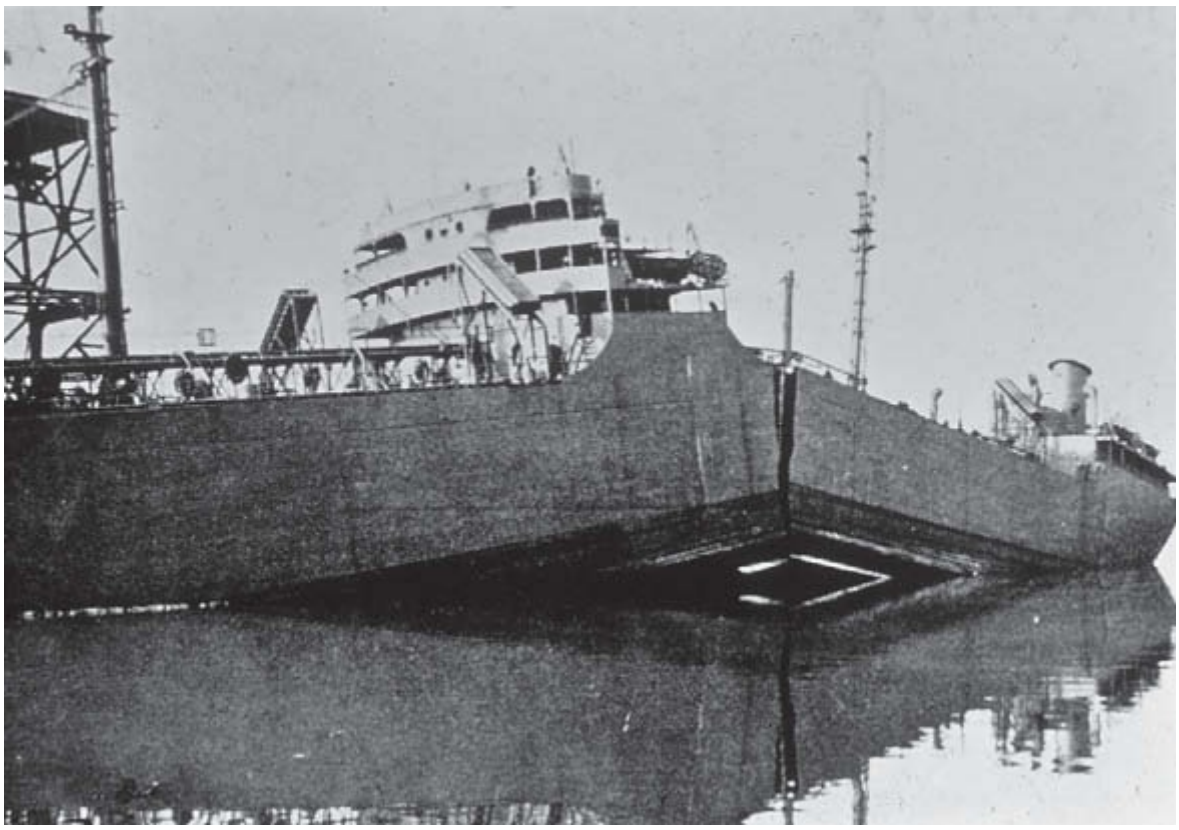
EL EXTRAÑO CASO DEL METAL QUE NO SOPORTABA EL FRÍO

Posted on 12 febrero, 2020 by Francisco Alfredo García Pastor



Category: Ciencia

El helado día del 16 de enero de 1943, los habitantes de Portland, Oregon, escucharon un terrible estruendo. El SS Schenectady, carguero que recién había vuelto de pruebas en alta mar, se fracturó justo por la mitad. El clima, a pesar del frío, no era tormentoso y el SS Schenectady se encontraba anclado. La fractura era impresionante, atravesaba de babor a estribor todos los niveles de la superestructura y sólo las últimas placas del fondo del barco resistieron. La embarcación pertenecía a una clase de cargueros de guerra conocidos como Liberty Ships y fue la última de 3 fallas catastróficas. Comenzó un esfuerzo para entender el fenómeno que llevaba a un barco a partirse en dos sin estar cerca de un explosivo enemigo.



El barco Liberty S.S. Schenectady, que en 1943 falló antes de abandonar el astillero. (Reimpreso con permiso de Earl R. Parker, Brittle Behavior of Engineering Structures, National Academy of Sciences, National Research Council, John Wiley & Sons, Nueva York, 1957.)

Liberty Ships

Los Liberty Ships tenían un largo de 134 metros y un ancho de 17 metros. Su capacidad de carga era de 10,000 toneladas y entre 1941 y 1945 fueron construidos más de 6000. Cada barco estaba compuesto de aproximadamente 250,000 piezas individuales y, dependiendo del astillero, las placas del casco eran soldadas, sujetas mediante remaches, o con una combinación de ambos métodos de sujeción. Un aspecto los diferenciaba de otros barcos de la época: fueron diseñados por el despacho de Henry Kaiser, famoso por sus proyectos de presas enormes como la Hoover en el desierto de Nevada. A pesar de nunca haber delineado un barco antes, el sistema propuesto por Kaiser era sumamente eficiente, pudiendo producir un carguero Liberty en menos de 30 días.

Cuando comenzaron las indagaciones sobre el porqué los barcos de la clase Liberty se partían en dos sin razón aparente, se encontró que los 3 casos tenían algo en común: las placas del casco estaban soldadas. Debido a la Segunda Guerra Mundial, el número de obreros masculinos era muy reducido, por lo que varias mujeres comenzaron a trabajar en áreas de la industria metal-mecánica

normalmente reservadas a los hombres. Dentro de la propaganda, se dio particular realce a Rosie The Riveter (Rosy La remachadora) y Wendy The Welder (Wendy La Soldadora), imprimiendo carteles de pin-up de ambas. Ahora se ponía sobre la mesa si, inexpertas, las mujeres soldadoras eran responsables de las fallas catastróficas de estos barcos. Fue más que justo que precisamente una mujer desentrañara el misterio.



Wendy The Welder (Wendy La Soldadora).

Constance Tipper

Constance Tipper, nacida Constance Elam en 1894, fue una pionera en la Universidad de Cambridge al ser la primera mujer en completar el Tripos (esquema de enseñanza en dicha Universidad) de Ciencias Naturales. Antes de casarse con George Tipper, Constance ya tenía una ilustre carrera en la ciencia de la metalurgia física. Trabajó en el National Physical Laboratory y posteriormente en la Royal School of Mines. Debido a su trabajo en el estudio de la deformación plástica de metales y aleaciones en función de su estructura cristalina, fue reconocida junto con G.I. Taylor para impartir la

prestigiosa Cátedra Bakeriana (Bakerian Lecture) de la Royal Society en 1923.


Constance Tipper

La Cátedra Bakeriana es una de las mayores distinciones de la Royal Society. Nombres sumamente importantes destacan en la misma, incluyendo a Sir Humphry Davy, Michael Faraday, James Clerk Maxwell y Ernest Rutherford. El problema surgió cuando el comité de premiación se percató del género de Constance, erróneamente pensando que C. Elam era hombre. En esos días, todavía cercanos a la era Victoriana, no se admitían mujeres en el Royal Society Dining Club. Correspondió a ella misma responder con elegancia y bofetada con guante blanco:

"Lamento haberles puesto en este problema. Es mi infortunio, más no mi culpa, no ser un hombre. Me siento muy honrada al recibir la invitación aunque me doy cuenta que fue enviada por una confusión."

A manera de disculpa, la Royal Society le envió una sentida nota junto con una caja de chocolates finos…

De dulce a frágil

Tipper tenía menos de cinco años desempeñándose como catedrática en la Universidad de Cambridge cuando fue solicitada su consultoría para las fallas catastróficas de los cargueros Liberty. La investigación apuntaba, como se menciona líneas arriba, a que sólo los barcos con uniones soldadas fallaban, mientras que los remachados no presentaban el problema. Sin embargo, Constance no estaba convencida que la soldadura era la principal responsable. Su experiencia en la deformación plástica de aleaciones le indicaba que había un defecto en el material que no le permitía deformarse como un metal, sino de un modo más cercano al vidrio o a un compuesto cerámico.

Para esos años ya era aceptado que los metales sufren una deformación plástica durante un impacto que les lleva a una fractura conocida como dúctil. Por el contrario, materiales como el vidrio responden a un impacto de un modo frágil. En términos simples, se espera que una lámina de acero se abolle al ser golpeada con un martillo y se necesite una gran cantidad de energía antes de poderla fracturar. En contraste, un florero cerámico o de vidrio se romperá en mil pedazos al recibir un martillazo.

> *Para esos años ya era aceptado que los metales sufren una deformación plástica durante un impacto que les lleva a una fractura conocida como dúctil.*

El secreto de la deformación de los metales radica en la facilidad que tienen sus átomos para moverse ante la acción de una fuerza externa. En un metal, los átomos se mueven a lo largo en direcciones definidas sobre planos específicos de la red cristalina donde se encuentran distribuidos. Esto es conocido como un sistema de deslizamiento, y el movimiento como tal, dislocación. Al contrario de un metal, en un material cerámico los átomos no se mueven con facilidad ante una fuerza externa y esto los lleva a fracturarse de modo frágil.

Tipper estaba convencida que la facilidad con la que los sistemas de deslizamiento se activaban en un metal estaba en función de los elementos de aleación y, en particular, de la temperatura. Su hipótesis consideraba que la movilidad de las dislocaciones era inversamente proporcional a la temperatura del metal durante el impacto: a menor temperatura, la movilidad se reducía y eso llevaba al material a fallar como un vidrio o un cerámico y no como un metal.

Tipper se dio a la tarea de establecer una prueba en la cual se realizarían impactos a probetas del acero en cuestión con temperaturas cada vez más bajas. El resultado fue que la energía necesaria para que el acero se fracturara disminuía drásticamente a medida que se reducía la temperatura. De este modo demostró que el acero dejaba de deformarse plásticamente a una temperatura mucho más alta que la esperada. A este fenómeno se le llama transición dúctil-frágil y a la prueba, hasta la fecha, se le sigue conociendo como la prueba Tipper.

El jefe de su departamento, J.F. Baker, resume la hipótesis de Constance de la siguiente manera:

> La Sra. Tipper ha hecho la sugerencia de que la falla no reside en la soldadura, sino en el estado del acero. Ha demostrado que el material usado en los barcos americanos era frágil a temperaturas superiores al punto de congelación del agua y, por tanto, bajo condiciones normales de operación en el mar se comportaría más como hierro vaciado que como un acero dúctil al carbono.



Se encontró que las placas del acero utilizado para la producción de estos barcos sufrían de un grave problema: un exceso de azufre que volvía frágil al material a bajas temperaturas. Con la tecnología de esos días, no era posible controlar el contenido de azufre residual y ya había cientos de barcos construidos con ese tipo de acero. La solución fue voltear a ver a los barcos remachados. La razón por la cual los barcos remachados no sufrían del mismo problema era porque las placas que unían a las piezas remachadas (comúnmente llamadas Placas Gusset) funcionaban efectivamente como un material de refuerzo. Éstas se colocaron como placas de refuerzo para evitar la propagación de grietas sobre las uniones previamente soldadas, lo que permitió que el problema se controlara. De este modo, 6000 cargueros Liberty fueron producidos durante el curso de la Segunda Guerra Mundial y el daño se limitó a solamente 3 fallas catastróficas y 20 pérdidas totales.

Epílogo

El legado de Constance Tipper perdura hasta nuestros días, a través de la prueba para determinar la transición dúctil-frágil. Los aceros actuales son capaces de mantener sus condiciones de dúctiles a temperaturas inferiores a -30˚C, gracias a un adecuado control de las impurezas durante la etapa líquida. La prueba Tipper se usa de manera rutinaria para certificar que estos aceros son capaces de soportar impactos a tan bajas temperaturas. Se utilizan no solamente en barcos, sino también en carros tanque para transporte de hidrocarburos.

Tipper siguió trabajando en Cambridge durante varios años hasta su retiro en 1960 y tuvo una larga vida, falleciendo en 1995 a la edad de 101 años. En ocasión de su centésimo aniversario, la

Universidad de Cambridge plantó un árbol de castañas en los jardines del Newham College. C^2

Referencias

- Paul Coxon en Twitter: "As today is #INWED17, let me tell you about Constance Tipper, 1st woman faculty @Cambridge_Eng whose work helped feed Britain during WW2… https://t.co/TXh2dUX52S"
- Last of The Liberties - YouTube
- JOM, Vol. 67, No. 12, 2015