

LEMEJ

Laboratorio de
Ensayos de Materiales
y Estructuras



Boletín Informativo

NÚMERO XXIII | SEPTIEMBRE 2023

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS | LEMEJ

EL FENÓMENO DE FATIGA MECÁNICA: su importancia en uniones soldadas

Autor: Ing. Gianluca Lombardo

Introducción y definición de fatiga

El fenómeno de fatiga mecánica en materiales metálicos tomó gran relevancia durante el siglo XIX siendo la causa de grandes y catastróficas fallas repentinas en componentes y estructuras, como barcos, aviones, puentes y plataformas petrolíferas, entre otros. A partir del estudio de fallas en servicio, se pudo observar que las mismas ocurrían en componentes solicitados por tensiones cíclicas en niveles muy por debajo del límite de rotura e incluso de la tensión de fluencia del material.

La fatiga mecánica, como la entendemos actualmente, es un proceso de evolución de daño subcrítico localizado que ocurre en componentes sometidos a condiciones de servicio que producen tensiones y/o deformaciones cíclicas en una determinada zona o zonas. Estas condiciones pueden ocasionar la iniciación de pequeñas fisuras que, de crecer ciclo a ciclo, pueden provocar la fractura repentina del componente. La manera en la que evolucione este daño definirá la aptitud para el servicio de los componentes.

Es importante comprender que la fatiga es un proceso:

- De daño subcrítico, es decir, que no provoca la fractura en forma directa.
- Progresivo, en el cual el daño evoluciona ciclo tras ciclo.
- Localizado, debido a que las fisuras inician y propagan en la zona más "débil".
- Que produce un cambio estructural permanente.
- Que ocurre en zona o zonas sometidas a tensiones y/o deformaciones cíclicas.
- En el cual existe nucleación y crecimiento de fisuras, que concluyen generalmente con fractura repentina; cuando la sección remanente del componente no es capaz de soportar los esfuerzos.

*"Sólo sabemos hacer
las cosas de una
manera: BIEN"*

El LEMEJ es un Centro asociado de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) permitiendo un mayor alcance de los resultados obtenidos en las líneas de investigación y una mayor vinculación con diversas áreas de la provincia de Buenos Aires.

Etapas de evolución de daño

El fenómeno de fatiga, en materiales sin defectos, comienza a desarrollarse en la superficie a través de desplazamientos cíclicos de los planos cristalográficos producto de microplasticidad localizada, generando extrusiones e intrusiones que actúan como concentradores de tensiones. En cambio, en materiales con discontinuidades geométricas o metalúrgicas, debido a su efecto de concentración las fisuras por fatiga tienden a iniciarse en su cercanía producto de un aumento local de la tensión por encima de la de fluencia.

Desde un punto de vista técnico, es importante considerar que el fenómeno de fatiga ocurre en dos grandes etapas: Nucleación de fisuras seguida de la Propagación de las mismas hasta la fractura repentina. Existen diferentes factores que tienen gran influencia en cada una de estas etapas. La calidad superficial tiene un rol preponderante en la nucleación de fisuras mientras que, la propagación está gobernada por la resistencia que opone el material al crecimiento de fisuras.

Las fisuras iniciadas en un material con una superficie sin defectos, es decir, perfectamente pulida, poseen un tamaño menor a $1\ \mu\text{m}$, mientras que, aquellas fisuras que se inician en inclusiones pueden tener una longitud similar al tamaño de la misma, ubicado en el orden de los $100\ \mu\text{m}$ (fisuras cortas). Sin embargo, con las técnicas de Ensayos No Destructivos (END) disponibles, solo aquellas fisuras que posean una longitud del orden de $1\ \text{mm}$ serán detectables (fisuras largas).

En general, se denomina vida a iniciación (N_i) a la cantidad de ciclos necesarios para que la nucleación de una fisura crezca hasta un tamaño detectable; la misma puede representar hasta un 90% de la vida total a fatiga. La presencia de pequeños defectos de fabricación puede actuar como fisuras iniciales, reduciendo notablemente la vida a iniciación. Debido a lo mencionado, podemos definir la vida a fatiga total (N_t) como la cantidad de ciclos necesarios para iniciar una macrofisura N_i y propagarla subcríticamente hasta la falla final (N_p).

Fatiga en uniones soldadas

La definición de soldadura establecida por la norma AWS A3.0 nos dice mucho acerca de la complejidad de las uniones soldadas relacionada con los aportes de calor involucrados, velocidades de enfriamiento, presiones, gases, materiales de aporte, etc. Debido a su alta complejidad, es inevitable la aparición de defectos o discontinuidades en la zona de unión, como microporos por dilución de hidrógeno, trozos de escoria atrapados entre pasadas, penetración insuficiente, carburos originados por un inadecuado aporte de calor, falta de fusión, cambios microestructurales, microfisuras ocasionadas por deformación térmica, rechupes, sobremonta o socavación, entre otros.

Por tales motivos, el fenómeno de fatiga es la principal causa de fallas por rotura en uniones soldadas y precede muchas veces a la fractura rápida. Por otra parte, la vida a fatiga de uniones soldadas queda definida casi exclusivamente por la vida a propagación N_p , disminuyendo drásticamente la vida total N_t respecto a la de los materiales base. Tal es la importancia de este fenómeno que se han desarrollado metodologías de evaluación de daño no solo como herramientas de diseño mecánico sino también para la inspección en servicio de estructuras soldadas.

Cabe resaltar que en el marco de una línea de trabajo del LEMEJ se está llevando a cabo una tesis doctoral referida al estudio integral de daño por fatiga en uniones de chapas de aceros ejecutadas mediante el Proceso de Soldadura por Fricción Agitación de Puntos con Proyección (PFSSW, Projection Friction Stir Spot Welding); este proceso es de gran interés por su potencial aplicación en la industria automotriz, entre otras.

glombardo@comunidad.unnoba.edu.ar

Laboratorio de Ensayos Materiales y Estructuras-Sede Junín (LEMEJ)
Universidad Nacional Noroeste Buenos Aires (UNNOBA) – Argentina

Cursos y Capacitaciones

El LEMEJ brinda capacitaciones y cursos en diferentes temáticas: Hormigón, Aceros, Soldadura, Normativas, Madera para uso estructural, Arbolado Urbano, Dendroenergía. Los mismos se programan de acuerdo al requerimiento de los solicitantes.

Para solicitar información al respecto enviar correo a lemej@unnoba.edu.ar



Sarmiento N° 1169 - Junín B6000CJI
0236 - 4407750 Int. 11821 - 11822
0236 15-4656664
lemej@unnoba.edu.ar
lemej.unnoba.edu.ar