

6

FATIGA: DAÑO ACUMULATIVO

1. CONCEPTO DE DAÑO ACUMULATIVO

En el Tema anterior se ha estudiado el comportamiento a fatiga de un estado tensional uniaxial con componente media y alterna. Así, se ha explicado cómo calcular la duración N que va a tener una pieza cuyo punto más solicitado está sometido a un determinado estado tensional σ_m - σ_r . La Figura 1 ilustra esquemáticamente este procedimiento.

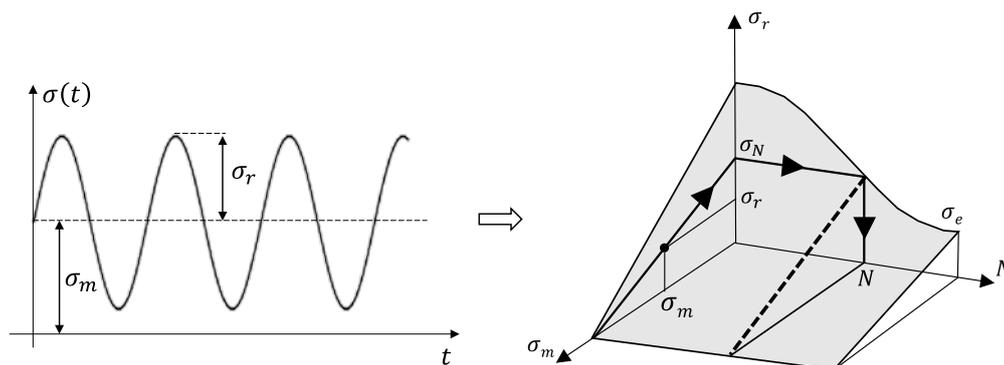


Figura 1. Obtención de la duración N de la pieza para un determinado estado tensional σ_m - σ_r .

De esta forma, si se somete a la pieza a $n < N$ ciclos, no se producirá el fallo por fatiga; no obstante, aunque no se haya llegado al fallo, la pieza sí que habrá quedado “dañada”. Se

define el concepto de “daño” como n/N , relación entre los ciclos n aplicados y los ciclos N necesarios para que ocurra el fallo. De esta forma, el fallo ocurre cuando el daño n/N alcanza el valor de 1 (es decir, 100% de daño) cuando el número de ciclos aplicados n alcanza el número de ciclos de fallo N ($n=N$).

2. MÉTODO DE PALMGREN-MINER DE DAÑO ACUMULATIVO

El análisis se complica cuando, en lugar de un estado tensional como el de la Figura 1, la pieza se somete a una tensión como la de la Figura 2 a lo largo de su vida útil, donde no se ve un comportamiento cíclico que se pueda caracterizar por una tensión media σ_m y una tensión alterna σ_r .

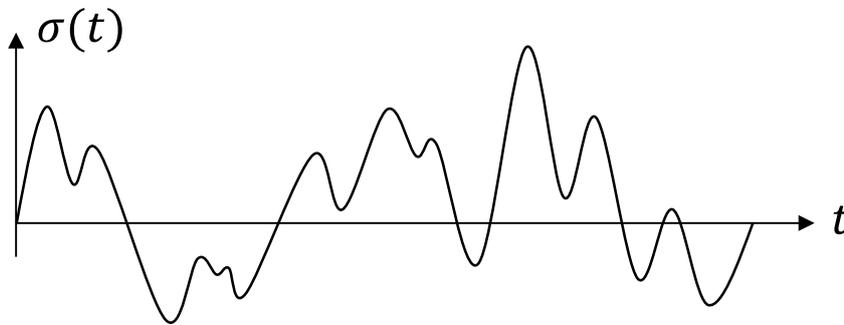


Figura 2. Estado tensional sin patrón cíclico.

En estos casos, se aplica un método de cómputo de ciclos y se obtiene una sucesión de “bloques” $\sigma_{mi}-\sigma_{ri}$ aplicados durante n_i ciclos como el de la Figura 3, totalmente equivalente respecto a fatiga al estado tensional de la Figura 2. Los métodos de cómputo de ciclos más populares, cuya descripción queda fuera del alcance de este libro, son los métodos “range-pair” y “rainflow”.

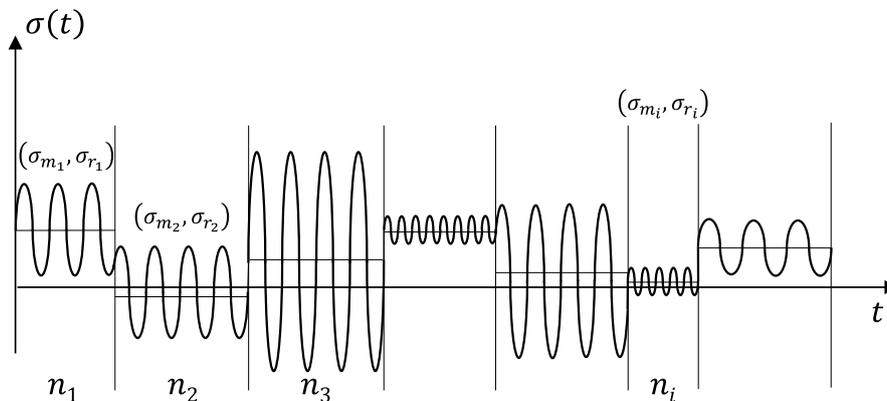


Figura 3. Sucesión de bloques $\sigma_{mi}-\sigma_{ri}$ (obtenido mediante método de cómputo de ciclos) equivalente al estado tensional de la Figura 2.

Una vez identificados estos bloques $\sigma_{mi}-\sigma_{ri}$, se obtiene la duración N_i de cada uno de ellos según se explicó en el Tema anterior (ver Figura 1), y se calcula el daño producido por dicho bloque n_i/N_i . Según el método de Palmgren-Miner, la pieza no fallará mientras el “daño acumulado”, calculado como la suma de los daños de todos los bloques, sea menor a uno (100% de daño), es decir:

$$\sum \left(\frac{n_i}{N_i} \right) \leq 1 \quad (1)$$

Se ha observado experimentalmente que en realidad el fallo se da cuando el daño acumulado está en un rango entre 0,7 y 2,2 (una vez más aparece una gran dispersión propia del fenómeno de fatiga), por lo tanto utilizar el valor 1 es un criterio relativamente conservador.

De la fórmula (1) se deduce que, de acuerdo al método de Palmgren-Miner:

- a) El orden de aplicación de los bloques no influye en la respuesta a fatiga puesto que los respectivos daños se suman directamente.
- b) Un determinado bloque que dé una duración infinita ($N_i=\infty$) no produce daño en la pieza (el daño n_i/N_i es cero en este caso).

No obstante, experimentalmente se ha comprobado que ninguna de estas dos afirmaciones es cierta. En base a ello se desarrolló la denominada “modificación de Manson”, que modifica el método de Palmgren-Miner para superar estas dos limitaciones y proporcionar resultados más precisos. Pese a todo, habitualmente se utiliza el método de Palmgren-Miner por su gran sencillez de uso y aceptables resultados.