

Tensión

La fuerza es una acción que puede modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo; por lo tanto, puede acelerar o modificar la velocidad, la dirección o el sentido del movimiento de un cuerpo dado. La tensión, por su parte, es el estado de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas opuestas que lo atraen.

Se conoce como fuerza de tensión a la fuerza que, aplicada a un cuerpo elástico, tiende a producirle una tensión; este último concepto posee diversas definiciones, que dependen de la rama del conocimiento desde la cual se analice.

La fuerza de tensión es opuesta a la de compresión. Dos fuerzas se aplican a una estructura en lados opuestos y en sentido contrario. Por ejemplo: los músculos crean fuerzas de tensión que actúa sobre los huesos a los que están unidos; el peso del hueso o segmento se opone a dicha fuerza.

En cuanto al ámbito de la ingeniería y la física, se denomina tensión mecánica a la magnitud física que representa la fuerza por unidad de área en el entorno de un punto material sobre una superficie real o imaginaria de un medio continuo. Es decir posee unidades físicas de presión. La definición anterior se aplica tanto a fuerzas localizadas como fuerzas distribuidas, uniformemente o no, que actúan sobre una superficie.

Tensión normal y tensión tangencial

Si consideramos un punto concreto de un sólido deformable sometido a tensión y se escoge un corte mediante un plano imaginario π que lo divida al sólido en dos, queda definido un vector tensión \mathbf{t}_π que depende del estado tensional interno del cuerpo, de las coordenadas del punto escogido y del vector unitario normal \mathbf{n}_π al plano π definida mediante el tensor tensión:

$$\mathbf{t}_\pi = T(\mathbf{n}_\pi)$$

Usualmente ese vector puede descomponerse en dos componentes que físicamente producen efectos diferentes según el material sea más dúctil o más frágil. Esas dos componentes se llaman componentes intrínsecas del vector tensión respecto al plano π y se llaman tensión normal o perpendicular al plano y tensión tangencial o rasante al plano, estas componentes vienen dadas por:

$$\begin{cases} \sigma_\pi = \mathbf{t}_\pi \cdot \mathbf{n}_\pi \\ \tau_\pi = \|\mathbf{t}_\pi \times \mathbf{n}_\pi\| \end{cases} \Rightarrow \quad \|\mathbf{t}_\pi\|^2 = \sigma_\pi^2 + \tau_\pi^2$$

Análogamente cuando existen dos sólidos en contacto y se examinan las tensiones entre dos puntos de los dos sólidos, se puede hacer la descomposición anterior de la tensión de contacto según el plano tangente a las superficies de ambos sólidos, en ese caso la tensión normal tiene que ver con la presión perpendicular a la superficie y la tensión tangencial tiene que ver con las fuerzas de fricción entre ambos.

Tensión uniaxial

Un caso particular es el de tensión uniaxial, que se define en una situación en que se aplica fuerza F uniformemente distribuida sobre un área A . En ese caso la tensión mecánica uniaxial se representa por un escalar designado con la letra griega σ (sigma) y viene dada por:

El concepto de esfuerzo longitudinal parte en dos observaciones simples sobre el comportamiento de cables sometidos a tensión:

1. Cuando un cable con elasticidad lineal se estira bajo la acción de una fuerza F , se observa que el alargamiento unitario $\Delta L/L$ es proporcional a la carga F dividida por el área de la sección transversal A del cable, esto es, al esfuerzo, de modo que podemos escribir

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

donde E es una característica del material del cable llamado módulo de Young.

$$\sigma = E \frac{\Delta L}{L}$$

2. El fallo resistente o ruptura del cable ocurre cuando la carga F superaba un cierto valor F_{rupt} que depende del material del cable y del área de su sección transversal. De este modo queda definido el esfuerzo de ruptura

$$\sigma_{\text{rupt}} = \frac{F_{\text{rupt}}}{A}$$

Estas observaciones ponen de manifiesto que la característica fundamental que afecta a la deformación y al fallo resistente de los materiales es la magnitud σ , llamada esfuerzo o tensión mecánica. Medidas más precisas ponen de manifiesto que la proporcionalidad entre el esfuerzo y el alargamiento no es exacta porque durante el estiramiento del cable la sección transversal del mismo experimenta un estrechamiento, por lo que A disminuye ligeramente. Sin embargo, si se define la tensión real $\sigma = F/A'$ donde A' representa ahora el área verdadera bajo carga, entonces se observa una proporcionalidad correcta para valores pequeños de F .

Ensayo de tensión o tracción

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la misma. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Las velocidades de deformación en un ensayo de tensión suelen ser muy pequeñas ($\dot{\epsilon} = 10^{-4}$ a 10^{-2} s^{-1}).

En un ensayo de tracción pueden determinarse diversas características de los materiales elásticos:

- **Módulo de elasticidad** o Módulo de Young, que cuantifica la proporcionalidad anterior. Es el resultado de dividir la tensión por la deformación unitaria, dentro de la región elástica de un diagrama esfuerzo-deformación.
- **Coefficiente de Poisson**, que cuantifica la razón entre el alargamiento longitudinal y el acortamiento de las longitudes transversales a la dirección de la fuerza.
- **Límite de proporcionalidad**: valor de la tensión por debajo de la cual el alargamiento es proporcional a la carga aplicada.
- **Límite de fluencia** o límite elástico aparente: valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse el fenómeno de la cedencia o fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido incremento de la deformación sin aumento apreciable de la carga aplicada.
- **Límite elástico** (límite elástico convencional o práctico): valor de la tensión a la que se produce un alargamiento prefijado de antemano (0,2%, 0,1%, etc.) en función del extensómetro empleado. Es la máxima tensión aplicable sin que se produzcan deformaciones permanentes en el material.
- **Carga de rotura o resistencia a tracción**: carga máxima resistida por la probeta dividida por la sección inicial de la probeta.
- **Alargamiento de rotura**: incremento de longitud que ha sufrido la probeta. Se mide entre dos puntos cuya posición está normalizada y se expresa en tanto por ciento.
- **Longitud calibrada**: es la longitud inicial de la parte de una probeta sobre la que se determina la deformación unitaria o el cambio de longitud y el alargamiento (este último se mide con un extensómetro).
- **Reducción de área y estricción**: La **reducción de área** de la sección transversal es la diferencia entre el valor del área transversal inicial de una probeta de tensión y el área de su sección transversal mínima después de la prueba. En el rango elástico de tensiones y deformaciones en área se reduce en una proporción dada por el módulo de Poisson. Para un sólido lineal e isótropo, en un ensayo de tracción convencional, dicha reducción viene dada por:

$$A = A_0 \left(1 - \nu \frac{\sigma}{E} \right)^2$$

Donde:

A_0 , es el área inicial.

ν, E , son el coeficiente de Poisson y el módulo de Young.

σ , es la tensión en dirección longitudinal de la pieza.

Una vez superado el límite de fluencia, se llega a un punto donde junto con la reducción elástica anterior asociada al efecto de Poisson, se produce la llamada estricción que es un fenómeno de plasticidad. Normalmente, el límite de proporcionalidad no suele determinarse ya que carece de interés para los cálculos. Tampoco se calcula el Módulo de Young, ya que éste es característico del material; así, todos los aceros tienen el mismo módulo de elasticidad aunque sus resistencias puedan ser muy diferentes. Los datos obtenidos en el ensayo deben ser suficientes para determinar esas propiedades, y otras que se pueden determinar con base en ellas. Por ejemplo, la ductilidad se puede obtener a partir del alargamiento y de la reducción de área.

En el ensayo se mide la deformación (alargamiento) de la probeta entre dos puntos fijos de la misma a medida que se incrementa la carga aplicada, y se representa gráficamente en función de la tensión (carga aplicada dividida por la sección de la probeta). En general, la curva tensión-deformación así obtenida presenta cuatro zonas diferenciadas:

- **Deformaciones elásticas:** Las deformaciones se reparten a lo largo de la probeta, son de pequeña magnitud y, si se retirara la carga aplicada, la probeta recuperaría su forma inicial. El coeficiente de proporcionalidad entre la tensión y la deformación se denomina módulo de elasticidad o de Young y es característico del material.
- **Fluencia o cedencia.** Es la deformación brusca de la probeta sin incremento de la carga aplicada. El fenómeno de fluencia se da cuando las impurezas o los elementos de aleación bloquean las dislocaciones de la red cristalina impidiendo su deslizamiento, mecanismo mediante el cual el material se deforma plásticamente.
- **Deformaciones plásticas:** si se retira la carga aplicada en dicha zona, la probeta recupera sólo parcialmente su forma quedando deformada permanentemente. Las deformaciones en esta región son más acusadas que en la zona elástica.
- **Estricción.** Llegado un punto del ensayo, las deformaciones se concentran en la parte central de la probeta apreciándose una acusada reducción de la sección de la probeta, momento a partir del cual las deformaciones continuarán acumulándose hasta la rotura de la probeta por esa zona. La estricción es la responsable del descenso de la curva tensión-deformación

Otras características que pueden caracterizarse mediante el ensayo de tracción son la resiliencia y la tenacidad, que son, respectivamente, las energías elástica y total absorbida y que vienen representadas por el área comprendida bajo la curva tensión-deformación hasta el límite elástico en el primer caso y hasta llegar a rotura en el segundo.