

TEMA 4: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

0. INTRODUCCIÓN.

Para la elección de un determinado material, destinado a prestar un servicio, es necesario conocer propiedades del mismo, para saber si es el adecuado a las condiciones de trabajo. Para conocerlas se recurre a procedimientos llamados ensayos de propiedades.

1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

Se definen las propiedades de un material, como las características de las reacciones ante acciones exteriores que tienden a alterar su equilibrio. Las principales propiedades de los materiales se pueden considerar agrupadas en:

1.1 PROPIEDADES FÍSICAS.

Se consideran en este grupo las características de los materiales que afectan directa o indirectamente a la apreciación de los sentidos (color, peso, volumen...) o que definen el comportamiento del material ante fenómenos físicos tales como los eléctricos, magnéticos y térmicos. Las más importantes son:

- **MASA, PESO Y DENSIDAD.**
 - Masa. Tener masa es una propiedad de toda la materia. Esto se explica por la cantidad y tipo de partículas de que se compone el cuerpo. La masa de un cuerpo se determina comparándola con cuerpos de masa conocida, siendo la unidad de masa el kg.
 - Peso. Todo cuerpo es atraído por la masa de la Tierra mediante la fuerza de gravedad. El kg posee debido a esa atracción un peso de 9,81N.
 - Densidad. Es el cociente de la masa entre el volumen del cuerpo.
- **PROPIEDADES MAGNÉTICAS.** Son aquellas capacidades que tienen algunos materiales que les permite ser atraídos por las fuerzas magnéticas y adquirir magnetismo. Según estas propiedades los materiales se clasifican en:

- Ferromagnéticos. Que son atraídos fuertemente. Entre ellos destacan el hierro, el níquel, el cobalto y el acero.
 - Paramagnéticos. Son atraídos débilmente. Ej. aluminio.
 - Diamagnéticos. Son repelidos débilmente. Ej. bismuto.
- **CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**. En ellas influye fuertemente la estructura de los materiales. La conductividad eléctrica representa la facilidad con que un cuerpo deja pasar la corriente eléctrica a través de su masa. La existencia de conductividad eléctrica implica que los electrones de valencia se mueven a través de la red cristalina produciendo un transporte de carga neto. Así pues la conductividad eléctrica depende de la intensidad de los enlaces. Según estas propiedades los materiales se clasifican en:
 - Conductores eléctricos. Dejen pasar la electricidad. Se trata casi exclusivamente de los metales.
 - Aislantes eléctricos. No dejan pasar la electricidad debido a su estructura. Ej: madera, vidrio, plásticos...
 - Semiconductores. Sólo conducen la electricidad bajo determinadas condiciones. A determinados átomos como el germanio y el silicio se les introducen pequeñas cantidades de impurezas trivalentes o pentavalentes para mejorar su conductividad.
 - **CALOR ESPECÍFICO**. Se define como “la cantidad de calor necesario para elevar un grado centígrado la temperatura de un grano de masa. Siendo diferente para las distintas sustancias”.
 - **DILATABILIDAD**. Se define como la propiedad que tienen los cuerpos de aumentar su volumen al elevar la temperatura.
En la práctica más que el aumento o disminución de volumen, interesa tener en cuenta el coeficiente de dilatación μ definido como el aumento que experimenta la unidad de longitud de un cuerpo al aumentar un grado su temperatura.
 - **CONDUCTIVIDAD CALORÍFICA**. Expresa la mayor o menor facilidad con que los cuerpos transmiten la energía calorífica a través de su propia materia. Los metales presentan en general buena conductividad calorífica, a diferencia de los demás materiales, que suelen ser poco conductores del calor. El coeficiente de conductividad calorífica (C) se define como “la cantidad de calor que atraviesa una placa de 1cm^2 de superficie y 1 cm de espesor, en la unidad de tiempo cuando la diferencia de temperatura entre ambas caras es de 1°C ”.

- **PROPIEDADES ÓPTICAS.** Tienen que ver con la forma en que reacciona un material a la luz. Según estas propiedades los materiales se clasifican en:
 - Transparentes. Dejan que los rayos de luz los atraviesen, permitiendo ver imágenes a su través.
 - Translúcidos. Deja pasar luz, pero no la suficiente para ver a su través.
 - Opacos. No dejan pasar la luz a su través.

1.2 PROPIEDADES QUÍMICAS.

En los procesos químicos se transforman sustancias y se obtienen otras con propiedades distintas. Desde el punto de vista químico las propiedades más importantes son:

- **OXIDACIÓN.** Es el efecto destructor producido por el oxígeno en la superficie de un material. La oxidación es una reacción química donde el oxígeno se combina con otra sustancia.
- **CORROSIÓN.** Se define como la acción destructora que tiene su origen en las superficies metálicas a expensas del oxígeno del aire y en presencia de agentes electrolíticos. Los principales factores que favorecen la corrosión son:
 - La cantidad de vapor de agua y vapores salinos o ácidos contenidos en la atmósfera.
 - La rugosidad de la superficie.
 - Las heterogeneidades que presenta el metal debidas a su constitución química y estructura, así como a la creación de tensiones internas.

1.3 PROPIEDADES MECÁNICAS.

Las propiedades mecánicas de un material describen su comportamiento bajo la acción de fuerzas externas (curvas esfuerzo-deformación). La clasificación de estas propiedades atendiendo a la naturaleza del esfuerzo es:

- **RESISTENCIA A LA ROTURA. TENACIDAD.** Resistencia de un material en su oposición al cambio de forma y a la separación. Si las fuerzas exteriores son capaces de vencer a las fuerzas de cohesión, sobreviene la rotura. Al trabajo que absorbe un material en su deformación y rotura se le denomina tenacidad. Dependiendo de la forma de actuar las fuerzas exteriores sobre las piezas pueden ejercer:
 - Compresión. Resistencia que opone un cuerpo sólido sometido a la acción de fuerzas que tienden a comprimirlo.

- Tracción. Resistencia que opone un cuerpo sólido sometido a la acción de fuerzas que tienden a alargarle.
 - Cortadura. Resistencia que opone un cuerpo sólido sometido a la acción de dos fuerzas que actúan perpendicularmente a su eje, en la misma sección y tienden a cortarla.
 - Flexión. Resistencia que opone un cuerpo sólido sometido a la acción de un par de fuerzas que actúa perpendicularmente a su eje y tiende a curvarlo. En la flexión actúan al mismo tiempo esfuerzos de tracción y de compresión.
 - Torsión. Resistencia que opone un material sólido a la acción de un par de fuerzas cuyo plano es perpendicular a su eje y tiende a hacer girar cada sección transversal del sólido con respecto a las demás.
-
- **ELASTICIDAD**. Es la capacidad que presentan determinados materiales de recobrar su forma original después de haber sido deformados y una vez que cesa la acción exterior que los deformó. El límite de elasticidad es aquel punto donde las fuerzas exteriores comienzan a producir deformaciones permanentes en el material. (Acero).
 - **PLASTICIDAD**. Es la capacidad de deformación de un material sin que llegue a romperse. Los materiales plásticos no recuperan su forma original después de haber sido deformados por una fuerza exterior. (Plomo)
 - **FRAGILIDAD**. Es la falta de aptitud de un material para resistir esfuerzos instantáneos o de choque, es decir, son capaces de romperse sin deformarse. (Fundición, acero templado, vidrio).
 - **RESILIENCIA**. Es la característica mecánica contraria a la fragilidad. En realidad es el resultado de un ensayo. Resiliencia es la energía que absorbe una probeta por unidad de sección, antes de romperse. Depende de la tenacidad, a mayor tenacidad, mayor resiliencia.
 - **DUREZA**. Resistencia que opone un cuerpo a dejarse penetrar por otro. (Diamante).
 - **COHESIÓN**. Es la resistencia que oponen los átomos de los metales a separarse entre sí. Depende de la forma cómo estén enlazados los átomos. La cohesión de los metales permite pequeñas separaciones de sus átomos: por esta razón, los metales son elásticos.
 - **FATIGA**. Es la capacidad de resistencia a esfuerzos repetitivos, variables en magnitud y sentido. Los elementos mecánicos sometidos a fatiga se rompen al cabo de cierto tiempo de ciclos de trabajo aunque la acción de la carga no sobrepase el límite elástico del elemento.

1.3 PROPIEDADES TECNOLÓGICAS.

Estudian el comportamiento de cada material al trabajarlo. Se pueden destacar las siguientes:

- **DUCTIBILIDAD.** Capacidad de un material de deformarse debido a un esfuerzo de tracción. (Hilos de oro, cobre...). Es la capacidad de un material para poder ser conformado en hilos finos.
- **MALEABILIDAD.** Son maleables los materiales sólidos que, por la acción de fuerzas de compresión, admiten una variación plástica de la forma, conservando su cohesión. (Recalcado, embutido, prensado, plegado). Es la capacidad de un material para poder formar láminas.
- **COLABILIDAD.** Se denominan colables los materiales que funden y pueden colarse en moldes a temperaturas rentables. (Fundición gris, plomo, estaño y aleaciones de cobre).
- **MECANIZABILIDAD.** Se dice que son mecanizables, por corte o arranque de virutas, aquellos materiales en los que, aplicando fuerzas tecnológicamente razonables, puede romperse la cohesión de las partículas. (Taladrado, limado, torneado, fresado y amolado).
- **SOLDABILIDAD.** Soldables son los materiales en que, por unión de las sustancias respectivas (soldadura por fusión o por presión) puede conseguirse una cohesión local (aceros, materiales sintéticos y metales no féreos).
- **TEMPLABILIDAD.** Capacidad de algunos materiales de adquirir gran dureza en la superficie al ser sometidos a un proceso de calentamiento y posterior enfriamiento. (Acero).

2. TÉCNICAS DE MEDIDA Y ENSAYO DE PROPIEDADES.

Mediante el ensayo de materiales se consigue:

1. Verificar determinadas propiedades de éstos (resistencia, dureza...), con los ensayos mecánicos y tecnológicos.
2. Determinar su composición química para deducir de ella puntos de referencia respecto a su pureza, resistencia a la corrosión y capacidad para dejarse trabajar, con los ensayos químicos.

3. Determinar la existencia de defectos y su situación con los ensayos físicos.

De todo ello pueden deducirse orientaciones para el posterior empleo de los materiales. Las condiciones de ensayo están ampliamente especificadas en las Normas DIN e 150.

2.1 MÉTODOS DE ENSAYO DESTRUCTIVOS.

Requieren probetas de material y métodos estadísticos. Sirven para determinar las propiedades mecánicas, tecnológicas y químicas.

- **ENSAYO DE TRACCIÓN.** Permite determinar la resistencia a la tracción, límite elástico, alargamiento, estricción y módulo elástico. Consiste en someter a unas probetas de forma y dimensiones normalizadas del material en estudio a un esfuerzo de tracción en la dirección de su eje progresivamente creciente, hasta su rotura. Las deformaciones se pueden medir directamente y además un mecanismo de registro traza la gráfica correspondiente en unos ejes coordenados donde las cargas se representan en el eje (y) los alargamientos en el eje (x).
- **ENSAYO DE COMPRESIÓN.** En este ensayo se somete a la probeta normalizada a una carga de compresión lenta y progresivamente hasta la rotura y permite obtener entre otros parámetros la tensión unitaria de compresión, la contracción total y la contracción unitaria. Los datos que proporciona el diagrama de compresión son similares a los de tracción y de signo contrario. En los materiales elásticos no existe una verdadera carga de rotura por compresión, ya que se aplastan sin romperse.
- **ENSAYO DE CORTE.** Determina la resistencia al esfuerzo cortante de materiales. En el ensayo la mordaza de cortadura se mueve paralelamente a las mordazas de sujeción quedando la probeta cortada de esta forma en dos secciones.
- **ENSAYO DE DUREZA.** Existen diversos métodos:
 - Ensayo de Martens. El esclerómetro de Martens fue la primera máquina que se empleó para medir la dureza al rayado. El ensayo consistía en la medida de la anchura de una raya, que se produce en el material ensayado mediante una punta de diamante de forma piramidal, cargada con una fuerza determinada y constante.
 - Ensayo Brinell. Se aplica sobre la superficie plana de un metal una bola acero, con un diámetro y una presión determinados, que penetra en el material, y una vez retirada, deja una huella, cuyo diámetro,

depende de la mayor o menor presión ejercida y de la resistencia a la penetración del material (dureza).

- Ensayo Vickers. Aquí en vez de la bola se utiliza una pirámide de diamante de base cuadrada y ángulo en el vértice de 136° , y su empleo es aconsejable cuando la dureza a controlar es superior a 500 HB (Brinell).
- Ensayo de Rockwell. El ensayo comienza por colocar una carga previa (10 kgf) sobre un penetrador de diamante de forma cónica (para materiales duros) o de forma esférica (para materiales blandos), que provocará una huella de profundidad h . A continuación se hace actuar la carga adicional (140 ó 90 kgf), con lo que la profundidad de la huella alcanza el valor h' . Se retira la carga adicional y el penetrador retrocede debido a la recuperación elástica del material hasta la posición $h + e$, siendo la distancia e debida a la deformación plástica y pudiéndose medir en una escala graduada mediante un dispositivo accionado por el penetrador.
- ENSAYO DE RESILIENCIA POR FLEXIÓN. Se trata de un ensayo dinámico que estudia el comportamiento a la rotura que muestra un material al ser sometido a flexión por golpe en un punto entallado. El ensayo se realiza en un dispositivo de péndulo (Péndulo de Charpy) y consiste en golpear con un martillo a modo de péndulo en el centro de una probeta apoyada en dos puntos, la cual se rompe. Después de la percusión el trabajo realizado se marca en un indicador.
- ENSAYO DE FATIGA. En el ensayo de fatiga se reproducen las cargas alternativas que se presentan en una pieza en servicio, que después de un cierto tiempo pueden llegar a romperla aún trabajando incluso por debajo del límite elástico. Para estudiar la relación entre las tensiones variables y el número de ciclos de trabajo se traza el diagrama de Wohler. Sobre el eje de ordenadas se llevan los valores de la mitad de la sollicitación ($+F$) y en abscisas el número de ciclos N hasta que sobrevenga la rotura. Los ensayos de fatiga más habituales son:
 - Por flexión rotativa. Se emplea una probeta cilíndrica sujeta por un extremo a un mandril giratorio, mientras que en el otro actúa un apoyo cargado radialmente, que produce un momento flector constante. Debido a ello, a cada media vuelta, la tensión que resiste cada punto de una sección transversal cambia de signo entre dos valores iguales y de signo opuesto.

- Por torsión. La probeta también es circular y está empotrada por un extremo. En el otro se le aplica un momento torsor alterno.
- ENSAYO DE PLEGADO. Sirve para la verificación de la facilidad de doblado de un material a temperatura ambiente. La probeta normalizada se curva de modo lento y uniforme alrededor de un mandril hasta que haya obtenido el ángulo prescrito y sin que en la parte exterior de la zona curvada se presente ninguna clase de grietas. La forma de hacer el plegado puede variar según la posición en la que deban quedar las caras de la probeta (plegado con alas paralelas, plegado completo o plegado hasta un ángulo).
- ENSAYO DE EMBUTICIÓN. Se emplea para conocer la aptitud de las planchas a deformarse por embutición. Se emplea el método Erikson, que consiste en presionar una chapa de ensayo con un vástago hasta que se produzca la primera grieta. El grado de embutición corresponde a la flecha del casquete en mm al aparecer la primera grieta.
- ENSAYO METALOGRAFICO. El tratamiento correcto o equivocado de un material puede ponerse de manifiesto por 1a variación de su estructura. En los ensayos metalográficos, se esmerila la probeta, se pulimenta y se somete a la acción mordiente de ácidos. Se observa entonces al microscopio la parte tratada, para visualizar la constitución de la estructura, las grietas y la dirección del laminado.
- ENSAYO QUÍMICO. Sirve para determinar la composición química cualitativa y cuantitativa del material, así como su comportamiento ante los agentes químicos.

2.2 MÉTODOS DE ENSAYO NO DESTRUCTIVOS.

Permiten el control de todas las piezas fabricadas. Sirven para detectar defectos interiores, heterogeneidades y grietas.

- MÉTODOS MAGNÉTICOS. Se basan en que cuando en una pieza suficientemente imantada con un campo uniforme, presenta grietas o defectos del material se producen en torno a éstos perturbaciones del campo magnético. Este fenómeno se hace visible embadurnando la probeta con una suspensión de polvo magnético, el cual se acumula en las proximidades del defecto, que para que se detecte ha de ser perpendicular al campo magnético y no muy interior.

- **MÉTODOS ELÉCTRICOS.** Basados en las variaciones de resistencia que introducen en un metal conductor las impurezas. Consiste en establecer un campo eléctrico en el metal mediante los contactos A y B y explorarlo con dos palpadores móviles C y D colocados entre los primeros. Cualquier variación del campo entre C y D se mide con un microvoltímetro.
- **MÉTODOS POR ULTRASONIDOS.** El fundamento de estos ensayos radica en el hecho de que una onda ultrasónica, propagándose en un material, se refleja cuando encuentra la más tenue fisura de aire u otro obstáculo. Los aparatos usados van equipados con un emisor y un receptor que capta el eco de los ultrasonidos.
- **MÉTODOS DE PENETRACIÓN POR Tensión SUPERFICIAL.** Las piezas se sumergen en un líquido adecuado que penetra en los defectos superficiales posteriormente se elimina el líquido de la superficie el líquido sobrante. El que queda introducido en los defectos se detecta con alguno de los siguientes métodos: por exudación de aceite o de un líquido coloreado, por fluorescencia o mediante el empleo de isótopos radiactivos. Estos métodos se pueden aplicar a toda clase de materiales.
- **MÉTODOS POR RAYOS X Y GAMMA.** Los rayos X son radiaciones de la misma naturaleza que la luz, pero de longitud de onda mucho más pequeña, por lo cual atraviesan materiales que resultan opacos para aquélla. La aplicación de los rayos X a la detección de defectos se basa en la absorción que experimentan al atravesar el material. Si se coloca una placa fotográfica a la salida de la radiación, se impresionará con más intensidad en la zona del defecto.
Los rayos gamma son de la misma naturaleza que los rayos X, pero de longitud de onda mucho más pequeña. Surgen en la desintegración de los elementos radiactivos naturales o artificiales. Su fundamento es análogo al de los rayos X, pero los superan al por no necesitar ninguna fuente de energía y por poder alcanzar con más facilidad las partes difícilmente asequibles en piezas complicadas.

ACTIVIDADES

1. Haz un esquema con las propiedades de los materiales y explícalas.
2. Explica en qué consisten los diferentes ensayos de materiales.