

eman ta zabal zazu



Universidad del
País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

OCW
OpenCourseWare

2018

INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES (I)

Ane Miren García Romero
Nuria Monasterio Guisasola

TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES

OBJETIVOS A ALCANZAR EN ESTE TEMA

- Proveer una visión general de la Ciencia de los Materiales, su importancia y la necesidad de alcanzar unos conocimientos básicos en la misma.
- Conocer las clasificaciones más habituales de los materiales
- Identificar la existencia de una relación entre las propiedades de los materiales, su estructura interna y el proceso de fabricación seguido para obtenerlo.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA EN ESTE CURSO

- J.F. Shackelford. *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. 7ª Edición. Editorial: Pearson Educación S.A., 2010. ISBN: 9788483226599
- W.D. Callister Jr. *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. 2ª Edición. Editorial Limusa-Wiley, 2009. ISBN: 9786075000251.
- W.F. Smith y J. Hashemi. *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. 5ª Edición. Mc Graw Hill, 2014. ISBN: 9786071511522
- D. R. Askeland y W.J. Wright. *Ciencia e ingeniería de los materiales*. 7ª Edición. Cengage Learning Editores S.A., 2017. ISBN: 9786075260624

ÍNDICE

- 1.0 Introducción al curso
- 1.1 Definiciones
- 1.2 Tipos de Materiales: Naturaleza química
- 1.3 Tipos de materiales: Funcionalidad
- 1.4 Tipos de materiales: Estructura
- 1.5 Relación Materia-Fabricación-Propiedades-Comportamiento

RECURSOS DE INTERNET DE GRAN INTERÉS EN EL CURSO

- <https://www.doitpoms.ac.uk/> Página web de la Universidad de Cambridge para el aprendizaje de Ciencia de los Materiales
- <http://www.matweb.com/> Página web que contiene una base de datos de acceso libre, sobre propiedades de materiales, tanto genéricos como comerciales. Contiene más de 125.000 referencias distintas.

La autoría de las imágenes que contiene este documento, así como las referencias bibliográficas, se incluyen en la última página.

1.0 INTRODUCCIÓN AL CURSO

Todos tenemos en nuestra mente un concepto de lo que es un material. Incluso conocemos y somos capaces de nombrar distintos tipos de materiales.

En este curso veremos porqué existen diferentes materiales, porqué distintos materiales se comportan de diferentes maneras, porqué un mismo material puede comportarse de modo distinto en situaciones similares. Veremos también cómo es la estructura interna de los materiales para poder entender su comportamiento macroscópico y la relación entre ambos, así como la relación de ambos con los métodos y condiciones de fabricación empleados.

Se trata de un curso introductorio que abordará los aspectos fundamentales de la ciencia de los materiales, estructurado en 8 temas.

Los aspectos microestructurales, las características de las distintas familias de materiales, así como los procesos de degradación por corrosión y desgaste no forman parte de los aspectos abordados, siendo previsible su inclusión en un curso que se desarrollará en ediciones próximas.

OBJETIVOS DEL CURSO

- Proveer una visión general de la Ciencia de los Materiales, su importancia.
- Conocer los aspectos intrínsecos de la materia que confieren las distintas propiedades a los materiales
- Conocer los distintos procesos que tienen lugar en los materiales cuando se aplican agentes externos, tales como fuerzas, exposición a temperatura u otras condiciones habituales
- Identificar la relación entre propiedades, estructura y proceso de fabricación

1.1 DEFINICIONES BÁSICAS

MATERIA

- Todo lo que ocupa espacio y esta sujeto a la gravedad y a la Inercia.
- Posee masa.
- Según la cohesión molecular puede ser sólida-líquida-gas

MATERIA PRIMA

“Aquello que necesita la industria para fabricar productos:

MATERIALES

Hay muchas clasificaciones de materiales, y vamos a ver las principales. No obstante, la mas empleada a efectos prácticos es la que distingue a los materiales de acuerdo a su naturaleza química:

Materiales Metálicos

Materiales Cerámicos

Materiales Poliméricos

PROCESO

Es una acción o actividad que se realiza con los materiales para transformarlos en productos. Hay dos denominaciones básicas de tipos de procesos de fabricación para obtener productos:

- 1) **Proceso primario**, básicamente es la producción de materia prima para industria: Ejem.: Producción de aluminio a partir de bauxita, producción de acero a partir de chatarra y minerales, producción de polímeros a partir de monómeros, etc.
- 2) **Procesos de transformación**: transformación de materia prima en productos: Ejem. Inyección de plástico para fabricar CDs.

PRODUCTO

MATERIAL → PROCESO (+ ENERGIA) → PRODUCTO

Ejemplo: Arcilla + Moldeado + Endurecida al fuego =
Recipiente

1.2 TIPOS DE MATERIALES: NATURALEZA QUÍMICA

El modo más habitual y sistemático de tipificar y clasificar a los materiales es de acuerdo a su naturaleza química, es decir de acuerdo al enlace entre sus átomos:



LOS MATERIALES METÁLICOS

- El enlace químico entre sus átomos es del tipo METÁLICO
- Los metales y aleaciones están formados por los elementos a la izda. y centro del sistema periódico.
- Los átomos conforman redes cristalinas que comparten una nube electrónica deslocalizada
- Átomos de pequeño tamaño pueden alojarse en los “huecos” o intersticios cristalinos.
- Por regla general, son **dúctiles, tenaces, resistentes, buenos conductores térmicos y eléctricos.**
- Generalmente son cristalinos y con elevada isotropía.,
- Las características citadas son generales, pero debe recordarse que en toda regla existen excepciones y que la gran variedad de metales presenta una amplia casuística.

Figura 1.1: Tabla periódica de los elementos. (Autoría, ver últimas páginas)

Metales simples: Aluminio, hierro, titanio, magnesio

Aleaciones metálicas: Mezclas y disoluciones de varios metales, tales como acero, fundiciones, bronce, latones, amalgamas, etc.

El estudio de las características y los tipos de aleaciones se abordarán en la segunda parte de este curso, Introducción a la ciencia de los materiales (II).



1.2 TIPOS DE MATERIALES: NATURALEZA QUÍMICA

LOS MATERIALES CERÁMICOS

- ♣ El **enlace** entre sus átomos es del tipo iónico o covalente, rígidos y organizados,
- ♣ Las cerámicas iónicas (óxidos sobre todo) están formadas por átomos de dos o mas elementos situados en extremos opuestos del sistema periódico.
- ♣ Las cerámicas covalentes (diamante, algunos carburos y nitruros,..) están formadas por elementos muy cercanos entre si, situados a la derecha del sistema periódico.
- ♣ Generalmente forman **redes** cristalinas → Cada átomo debe ocupar su lugar en la red cristalina
- ♣ Los electrones se encuentran muy **localizados** en uno u otro átomo.
- ♣ Por regla general, **duras, rígidas, resistentes, y de elevada temperatura de fusión.**
- ♣ Las cerámicas óxidas presentan **baja conductividad** térmica y eléctrica,
- ♣ Las cerámicas covalentes presentan el comportamiento contrario.

Cerámicas óxidas → enlaces iónicos. Arcilla, bauxita, corindón, zafiro, la mayoría de los refractarios y cementos, etc.

Cerámicas no óxidas → enlaces con un grado grande de covalencia. Diamante, Carborundum, AlN, BN, SiC, etc.

Algunas composiciones no se estructuran formando una red cristalina. Son los **VIDRIOS**. Estos son cerámicas con átomos no formando redes cristalinas.

El estudio de los diversos tipos de materiales, sus características, procesos de fabricación, etc. se abordarán en la segunda parte de este curso, Introducción a la ciencia de los materiales (II).

1.2 TIPOS DE MATERIALES: NATURALEZA QUÍMICA

LOS MATERIALES POLIMÉRICOS

El enlace entre sus átomos es covalente, del tipo orgánico, basado en la química del carbono. Forman moléculas de millones de átomos de carbono e hidrógeno unidos por enlaces covalentes. Las moléculas se unen entre ellas mediante débiles enlaces secundarios.

Los polímeros están formados básicamente por carbono e hidrógeno, pudiendo contener cantidades importantes de oxígeno, nitrógeno, silicio o fluor y cantidades muy inferiores de los demás elementos. El carbono y el hidrógeno son capaces de formar varios tipos de enlaces, concatenándose y dando lugar a compuestos diferentes de los que se pueden obtener con los demás materiales.

Por ello, por regla general los polímeros presentan baja temperatura de fusión, baja resistencia mecánica, baja conductividad eléctrica y térmica, y generalmente no son cristalinos.

Hay polímeros sintéticos y polímeros naturales. Entre los primeros se encuentran los plásticos más habituales, como por ejemplo el nylon, el poliéster o el PVC, mientras que entre los naturales se pueden citar como ejemplos el latex, la celulosa de las plantas, la lignina de la madera o el colágeno de nuestro cuerpo

Los materiales poliméricos industriales han sido desarrollados durante la segunda mitad del siglo XX

Debido a cómo se forman y al comportamiento que presentan existen tres tipos básicos de polímeros. Las diferencias de comportamiento entre ellos se deben a sus diferencias en la organización espacial de los átomos y moléculas. Los tipos de polímeros de acuerdo a dichas características son los siguientes

- ❑ **TERMOPLÁSTICOS:** *Son los polímeros con los que se fabrica la mayoría de los productos de consumo que habitualmente identificamos como plásticos, tales como las botellas de agua, los botes de yogur, tuberías, etc.*
- ❑ **TERMOESTABLES:** *También llamadas resinas. Son un tipo de polímero que una vez formado no puede volver a fundirse. Sus propiedades son distintas de las de los termoplásticos, así como sus usos y los procesos requeridos para fabricar los productos. Un ejemplo de este tipo de polímeros son la "Formica®", la bakelita o los pegamentos de gran resistencia bicomponente (Araldite®) o monocomponente (Superglue®)*
- ❑ **ELASTÓMEROS:** *Son polímeros cuya característica más reseñable es su gran elasticidad. Con ellos se fabrican las ruedas, y gomas en general.*

Las características y diferencias entre estos tipos de polímeros no se abordarán en este curso, sino en la segunda parte, Introducción a la ciencia de los materiales (II).

1.2 TIPOS DE MATERIALES: NATURALEZA QUÍMICA

LOS MATERIALES “COMPOSITE” O COMPUESTOS

Los composites son mezclas de dos materiales de las anteriores familias (metal, cerámica, polímero). Son materiales que tienen dos fases bien diferenciadas, generalmente a simple vista. Una de ellas aglutina a la otra, dándole continuidad y unidad al conjunto. A esta fase se le llama MATRIZ. La otra fase es discontinua, en forma de partículas, fibras, tejido o subestructura, y se le denomina REFUERZO. Por tanto, los composites son mezcla de 2 fases diferenciadas que se encuentran unidas físicamente, con muy poca interacción química entre ambas.

El composite resultante tiene características nuevas: Se persigue emplear las ventajas del material de refuerzo, actuando la matriz de aglutinante y transmisora de esfuerzos. El concepto de composite no se definió hasta la década de los 70 del siglo XX.

Existen composites naturales y composites sintéticos. Entre los composites naturales podemos citar la madera (fibras de celulosa unidas por una matriz de lignina, ambas de naturaleza polimérica) o el hueso (fibras de colágeno en una matriz porosa trabecular de hidroxiapatita).

Los composites sintéticos son aquellos que no existen en la naturaleza. Un ejemplo de composite sintético es el hormigón: Una matriz cerámica que aglutina otros componentes cerámicos o metálicos que actúan como refuerzo.

Hay varios tipos de materiales composites, pudiéndose clasificar de acuerdo a la naturaleza de los materiales que lo componen (matriz y refuerzo, pero especialmente relevante en el caso de la naturaleza de la matriz) y de acuerdo a la morfología de los refuerzos. Ambos aspectos, naturaleza y morfología, son igualmente relevantes en el comportamiento final del material.

Naturaleza de la Matriz:

Polímero

Metal

Cerámica

Morfología del Refuerzo:

Fibras cortas

Partículas

Fibras Continuas

EJEMPLOS DE USO DE COMPOSITES

Nuevos Pesqueros: Cascos polímero- fibra de vidrio

Fernando Alonso: Carrocería polímero-fibra de carbono

Frenos: Aluminio-Partículas SiC

Aviones militares: Frenos de SiC-SiC

El estudio de las características, el comportamiento y los tipos de composites se abordarán en la segunda parte de este curso, Introducción a la ciencia de los materiales (II).

1.3 TIPOS DE MATERIALES: FUNCIONALIDAD

Los materiales se pueden también clasificar dependiendo del tipo de función que realicen. En base a su función, las clasificaciones pueden ser muy variopintas y amplias. Sin embargo, un limitado número de funcionalidades se repite habitualmente en todas estas clasificaciones, las cuales se indican a continuación:

Materiales Estructurales

Aquellos que se usan con función mecánica, para resistir tensiones o transmitir movimiento, carga, etc. Pueden ser metálicos, cerámicos o composites (y en algunos casos también polímeros). Su composición y fabricación se destina a adquirir las propiedades mecánicas requeridas para su función.

Por ejemplo, una aleación de aluminio o una aleación de cobre destinadas a funciones estructurales son diferentes de aquellas destinadas a funciones eléctricas.

Materiales para el sector eléctrico

Conductores, aislantes y semiconductores. Pueden ser metálicos, cerámicos, composites y polímeros. Las aleaciones y los materiales que se emplean para estas funciones son diferentes que los empleados con función estructural, su composición y método de fabricación se optimiza para obtener las propiedades eléctricas requeridas.

Materiales Magnéticos

Son aquellos capaces de producir efectos magnéticos, tales como imanes o superconductores. Los hay de naturaleza metálica, mayormente basados en aleaciones de hierro y de otros metales de transición, y los hay cerámicos, como por ejemplo las ferritas, de las cuales la más conocida es la magnetita. La composición y fabricación que se emplea se destina a producir las propiedades magnéticas deseadas

Materiales Biocompatibles

Los materiales que se emplean en contacto con el cuerpo humano requieren ser biocompatibles, lo cual significa que no deben provocar rechazo ni reacciones alérgicas cuando entran en contacto con tejidos vivos. Hay algunos metales, algunas cerámicas y algunos polímeros bioinertes (titanio, óxido de circonio, polietileno), si bien pocos de ellos son integrados por el cuerpo humano (materiales bioactivos).

Materiales Ópticos

Materiales que interactúan con la luz de modos concretos: transparentes, traslúcidos, opacos, luminiscentes, fotoeléctricos, etc. Algunas de estas funciones requieren composiciones específicas (por ejemplo los LED), mientras que otras requieren modos de fabricación especiales (por ejemplo, para obtener transparencia se requiere evitar la contaminación y las burbujas de aire o de gas ocluidas).

1.4 TIPOS DE MATERIALES: ESTRUCTURA

Los materiales se pueden clasificar dependiendo del tipo de estructura que presenten, es decir, del tipo de organización interna de sus átomos. En principio, los materiales pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. En el presente curso se abordan sólo los materiales sólidos. De acuerdo al modo en que se estructuran los átomos en un material sólido existen dos tipos de materiales:

Materiales cristalinos

Aquellos que tienen los átomos organizados espacialmente unos respecto de los otros, formando grandes redes en una disposición geométrica que se repite en el espacio. Hay materiales monocristalinos (todo el material es una sola red cristalina) y materiales policristalinos (muchos cristales unidos). Son cristalinos la mayoría de aleaciones metálicas y cerámicas.

Materiales amorfo

Los átomos están situados al azar espacialmente, sin una disposición geométrica que se repita. Pueden ser de naturaleza cerámica o polimérica. Los cerámicos amorfo se denominan vidrios. Los polímeros siempre son amorfo al menos en una parte del material, pudiendo además presentar un porcentaje de cristalinidad. También existen vidrios metálicos, pero son difíciles de producir, requiriendo complejas composiciones.

En la materia podemos distinguir cuatro subniveles, los cuales presentan relevancia en distintos tipos de comportamiento del material:

- Estructura atómica
- Enlace entre los átomos y la nanoestructura.
- Microestructura, formada por subestructuras observables mediante microscopios ópticos o electrónicos
- Macroestructura: el producto final.

Cada uno de estos niveles tiene relevancia en distintos aspectos y/o propiedades de los materiales, tal como se verá a lo largo del curso.

1.5 RELACIÓN MATERIA-FABRICACIÓN-PROPIEDADES-COMPORTAMIENTO

El comportamiento de los materiales se tipifica de acuerdo a lo que se denomina PROPIEDADES. A nivel general se distingue entre propiedades mecánicas y propiedades físicas, si bien no se trata de clasificaciones estrictas. Las propiedades mecánicas engloban aquellas características de los materiales que se emplean en el diseño de componentes sometidos a tensiones mecánicas, tales como resistencia a rotura, límite elástico (máxima tensión que soporta hasta iniciar la deformación plástica), resistencia a compresión, tenacidad, resistencia a fatiga, etc.

Las propiedades físicas engloban principalmente las características de los materiales que permiten el diseño de componentes para usos de gestión térmica, para usos ópticos o con condiciones relacionadas con la interacción con la luz, para usos en relación con la electricidad, o para usos con determinados comportamientos magnéticos. Por ejemplo, la conductividad térmica, el coeficiente de dilatación lineal térmica, la resistividad eléctrica, etc.

Estas características se determinan mediante **ensayos** (pruebas de laboratorio) **normalizados** (realizados siguiendo las normas nacionales o internacionales definidas para tal propósito). Los valores determinados en dichos ensayos se emplean en el diseño de los componentes.



A nivel de ingeniería se define un concepto relacionado con las propiedades mecánicas que se denomina “propiedad específica”. Es la propiedad dividida por el peso específico. Cuanto mayor sea la propiedad específica, más ligeros serán los productos que se pueden fabricar respecto de esa propiedad concreta. Así, por ejemplo, si se diseña un producto que estará sometido a tensión traccional, la elección del material que provea mayor resistencia específica permitirá fabricar el componente más ligero para dicha sollicitación. El uso de propiedades específicas es un concepto habitual de diseño en muchos sectores, y especialmente en el transporte.

Partiendo de un mismo material base, la adición de elementos secundarios conducirá a la modificación de sus propiedades. Por ejemplo, el aluminio es un metal muy dúctil y es de escasa resistencia mecánica (papel de aluminio), mientras que las aleaciones de aluminio con pequeñas adiciones de magnesio, cobre y silicio se emplean para fabricar las alas de los aviones.

Sin embargo, las propiedades no sólo dependen de la composición, sino también del método y las condiciones de fabricación seguidos. Hay un gran número de distintos procesos (forja, extrusión, fundición en coquilla, laminación, etc.) y tratamientos térmicos que permiten modificar las propiedades y el comportamiento del material elegido.

REFERENCIAS Y AUTORÍA DE IMÁGENES

Figura 1.1: Tabla periódica de los elementos.

Imagen de LeVanHan (Own work), de

<http://www.academicwino.com/2013/04/rare-earth-elements-authenticity-traceability-moscato.html/> (22/03/2018). [GFDL

(<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC BY-SA 3.0]



ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

BILBOKO INGENIERITZA ESKOLA



Esta obra está bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_ES.

Imagen de la Portada y contraportada: Detalle de una fachada de composite de fibra de vidrio con resina polimérica degradada por exposición a la intemperie cercano al mar (Hondarribia, España, 2014). Propiedad de Ane Miren García Romero.