Desde el comienzo de la civilización, los materiales junto con la energía han sido

utilizados por el hombre para mejorar su nivel de vida. Se encuentran en todos lados

alrededor nuestro.

Dado que los materiales son necesarios para elaborar productos se deben conocer la

estructura interna y sus propiedades para poder elegir el más adecuado en cada

aplicación

Con este objetivo y debido al avance de la investigación y el desarrollo, se están

creando continuamente nuevos materiales o modificando los existentes para lograr

mejores propiedades.

La búsqueda de materiales que respondan a determinadas necesidades se da en todas

las áreas ya que, por ejemplo, los ingenieros mecánicos buscan materiales que puedan

funcionar eficientemente a altas temperaturas para los motores, los electrónicos

necesitan que los dispositivos puedan operar a mayores velocidades y temperaturas; los

aeroespaciales buscan mayores relaciones resistencia – peso para el diseño de

aviones y vehículos espaciales; los civiles, mayores relaciones resistencia – peso,

buenos aislantes y resistentes al fuego, los químicos, más resistentes a la corrosión, los

médicos y odontólogos materiales biocompatibles. En otros casos se necesitan

dispositivos inteligentes y sistemas microelectromecánicos para usarlos como

detectores y accionadores.

1.2.1- Tipos de materiales:

Según las distintas bibliografías se puede decir que existen tres grupos principales de materiales:

* Metálicos
* Poliméricos
* Cerámicos

De estos tres grupos surge además un cuarto grupo conocido como

* Materiales Compuestos.

Sin embargo las bibliografías más modernas hablan también de los materiales:

* electrónicos
* inteligentes
* nanomateriales

1.2.2. Cuetiones de diseño y elección del material:

Como vemos existen muchísimos materiales y, como se dijo, cada día aparecen nuevos

o se mejoran los ya existentes modificando sus características. Por esta razón al

momento de realizar un diseño se estará frente a la difícil tarea de seleccionar el

material adecuado y para esto se deberán conocer la estructura, características,

propiedades físicas, químicas, mecánicas (comportamiento del material frente a los

esfuerzos a los que se verá sometido), térmicas, ópticas y propiedades especiales de

los posibles elementos a usar. Obviamente siempre existirán varias opciones y en

muchos casos el material más adecuado por su comportamiento general no será el más

barato de obtener, el más fácil de reciclar una vez concluida su vida útil o aquél que

cause el menor impacto ambiental, es por eso que hablamos de difícil tarea ya que

serán muchas las cuestiones a analizar.

1.3. Estructura atómica y enlaces:

Si consideramos que los materiales están constituidos por átomos y que de acuerdo a

su distribución y forma de enlaces será el comportamiento del material frente a

determinado estímulo, podrá comprender el alumno que los conceptos adquiridos en

química serán muy importantes a la hora de entender las propiedades de los distintos

elementos. (Se sugiere repasar conceptos de estructura atómica, peso atómico, masa

atómica, Nº de Avogadro, configuración electrónica)

Repasaremos aquí algunos conceptos importantes.

1.3.1. Tipos de enlaces atómicos y enlaces moleculares:

El enlace químico entre átomos ocurre debido a la disminución neta de la energía

potencial de los átomos en estado enlazado. Es decir que en estado enlazado están en

condiciones energéticas más estables que cuando están libres.

Los enlaces entre átomos pueden dividirse en:

- primarios (o fuertes)

- secundarios (o débiles)

1.3.1.1. Enlaces primarios:

Intervienen grandes fuerzas interatómicas. Se dividen en:

- Iónicos

- Covalentes

- Metálicos

Enlaces iónicos:

Intervienen grandes fuerzas atómicas debidas a la transferencia de un electrón de un

átomo a otro produciéndose iones que se mantienen unidos por fuerzas colombianas.

Es no direccional relativamente fuerte.

Pueden formarse entre elementos muy electropositivos (metálicos: 1A, 2A) y elementos

muy electronegativos (no metálicos: 6A, 7A). En el proceso de ionización los electrones

se transfieren desde los átomos de los elementos electropositivos a los átomos de los

elementos electronegativos. Las fuerzas iónicas de enlace son debidas a la fuerza de

atracción electrostática entre iones con carga opuesta.

Un ejemplo de un sólido con un alto grado de enlace iónico es el cloruro de sodio

(NaCl).

Las propiedades resultantes de este tipo de enlace en los distintos compuestos son:

- al estado sólido no son conductores de la energía eléctrica, pero si se

funden o se disuelven en agua conducen la corriente eléctrica ya que en

esas condiciones los iones están separados.

- No se deforman plásticamente (es decir rompen en forma frágil), ya que es

imposible el desplazamiento entre planos atómicos sin producir un

desequilibrio en la estructura.

Enlaces covalentes:

Corresponden a fuerzas interatómicas relativamente grandes creadas cuando se

comparten electrones para formar un enlace con una dirección localizada.

Se forma entre átomos con pequeñas diferencias de electronegatividad y ubicados muy

próximos en la tabla periódica. Los átomos generalmente comparten sus electrones

externos s y p con otros átomos, de modo que cada átomo alcanza la configuración

electrónica de gas noble. En un enlace covalente sencillo, cada uno de los dos átomos

contribuye con un electrón a la formación del par de electrones del enlace.

El caso más sencillo de enlace covalente tiene lugar en la molécula de hidrógeno, en la

cual dos átomos de hidrógeno aportan sus electrones para formar un par de electrones

unidos por enlace covalente. Cuando los átomos de hidrógeno se aproximan para

formar la molécula de hidrógeno, sus nubes de carga electrónica interaccionan y se

solapan.

Un ejemplo muy importante en el estudio de materiales es el carbono, ya que es el

elemento básico en la mayoría de los materiales poliméricos. El átomo de carbono en su

nivel más bajo tiene una configuración electrónica tal que debería formar dos enlaces

covalentes. Sin embargo en muchos casos el carbono forma cuatro enlaces covalentes

de igual fuerza debido al proceso de hibridación.

El carbono en la forma de diamante exhibe enlace covalente tetraédrico. Los cuatro

orbitales híbridos están dirigidos simétricamente hacia los vértices de un tetraedro

regular. Esta estructura explica la extremadamente alta dureza del diamante, su alta

fuerza de enlace y su elevada temperatura de fusión.

Cada zona sombreada de las figuras representa un enlace covalente de un par de

electrones.

Otro ejemplo de enlace covalente son los hidrocarburos cuyas moléculas unidas

mediante este enlace contienen sólo carbono e hidrógeno. Este tipo de compuestos dan

origen a los materiales poliméricos.

Podemos decir entonces que el enlace covalente es un enlace direccional muy fuerte

que le confiere las siguientes características a los materiales en los cuáles se encuentra

presente:

- alta dureza (enlace muy fuerte)

- baja conductividad eléctrica

Enlaces Metálicos:

Implican fuerzas interatómicas relativamente grandes creadas cuando se comparten

electrones en forma deslocalizada para formar un enlace fuerte no direccional entre los

átomos.

Se presenta en los metales sólidos. En ellos los átomos se encuentran muy juntos en

una ordenación sistemática o estructura cristalina. Como los átomos están tan juntos los

electrones externos de valencia son atraídos por los núcleos de sus numerosos vecinos.

Los electrones de valencia no están asociados fuertemente a núcleo particular alguno, y

así es posible que se extiendan entre los átomos en forma de una nube electrónica de

carga de baja densidad o gas electrónico.

Los metales sólidos, se consideran como constituidos por núcleos de iones positivos

(átomos sin sus electrones de valencia) y por electrones de valencia dispersos en forma

de nube electrónica que cubre una gran expansión de espacio. Los electrones están

débilmente enlazados a los núcleos de iones positivos y pueden moverse fácilmente en

el metal cristalino y por esto se les llama frecuentemente, electrones libres. Las altas

conductividades térmica y eléctrica de los metales se basan en la teoría de que algunos

electrones son libres para moverse a través de la celda cristalina del metal. La mayoría

de los metales pueden deformarse considerablemente sin fracturas debido a que los

átomos de metal se pueden deslizar unos sobre otros sin distorsionar totalmente la

estructura de enlace metálico debido a que no se generan grandes repulsiones (por esta

razón son dúctiles es decir presentan mucha deformación plástica).

En este enlace los electrones de valencia más externos de los átomos son compartidos

por muchos átomos circundantes y, en general, este enlace es no direccional.

Las energías de enlace y los puntos de fusión de los diferentes metales varían mucho.

En general cuanto menor sea el número de electrones de valencia por átomo que

intervenga en el enlace, más metálico resulta éste. Es decir los electrones de valencia

son más libres para moverse. A medida que el número de electrones de enlace

aumenta, las energías de enlace y los puntos de fusión también, así por ejemplo el

calcio con dos electrones de valencia por átomos tiene sus electrones de enlace más

estrechamente unidos que el potasio y por lo tanto la energía de enlace como su punto

de fusión son más altos que las del potasio.

Podemos concluir que este tipo de enlace da las siguientes características a los

materiales que lo presentan:

- buenos conductores de electricidad y calor (por el libre movimiento de los

electrones)

- pueden deformarse plásticamente, ya que todos son iones positivos que

pueden romper sus enlaces y desplazarse hasta encontrar una nueva

posición donde se restituya el enlace.

- Tienden a formar estructuras cristalinas compactas de gran simetría.

- Admiten la introducción de otros átomos metálicos o no metálicos en su

estructura cristalina, formando así soluciones sólidas cuyas propiedades

varían con la cantidad de átomos en solución.

1.3.1.2. Enlaces secundarios y moleculares:

Los enlaces secundarios son relativamente débiles en relación con los primarios. La

fuerza motriz para la formación de estos enlaces es la atracción de los dipolos eléctricos

contenidos en los átomos o en las moléculas. Los dipolos eléctricos se crean en los

átomos o en las moléculas cuando existen centros con cargas positiva y negativa.

Estos enlaces son denominados algunas veces como Fuerzas de Van der Waals.

Existen dos tipos principales de enlaces secundarios:

- Enlace dipolo permanente

- Enlaces bipolares variables

El puente de hidrógeno es un caso especial de una interacción dipolo-dipolo

permanente entre moléculas polares. Se presenta cuando un enlace polar conteniendo

el átomo de hidrógeno, O-H o N-H, interacciona con los átomos electronegativos

O,N,F,o Cl (por ejemplo la molécula de agua).

a) Dipolo permanente de la molécula de agua

b) Enlace de hidrógeno entre moléculas de agua debido a la atracción polar de

dipolo permanente

El puente de hidrógeno resulta también muy importante para reforzar el enlace entre

cadenas moleculares de algunos tipos de materiales poliméricos.

1.3.1.3. Enlaces Mixtos:

En el enlace químico de átomos pueden presentarse más de un tipo de enlaces

primarios y también primarios y secundarios. Así por ejemplo podemos tener las

siguientes combinaciones entre enlaces primarios:

- iónico – covalente: cuanto mayor es la diferencia de electronegatividades

de los elementos que intervienen en un enlace mixto iónico-covalente,

mayor es el grado de carácter iónico del enlace. Muchos compuestos

semiconductores tienen este tipo de enlace mixto. También se encuentran

en otros materiales cerámicos.

- Metálico – covalente: los metales como el titanio y el hierro tienen este tipo

de enlaces. A ellos se atribuyen los altos puntos de fusión que tienen

algunos metales.

- Metálico – iónico: se puede presentar cuando hay una diferencia

significativa de electronegatividad en los elementos que forman un

compuesto intermetálico.

1.3.2. Clasificación de los Materiales en función del tipo de Enlace:

Los distintos tipos de materiales vistos están directamente relacionados con los tipos de

enlaces estudiados, ya que éstos afectarán notablemente a sus características y

propiedades. Basta con analizar el siguiente ejemplo para entender esta influencia:

pensemos en el diamante y en el polietileno (polímero); ambos presentan enlaces

covalentes C-C similares pero en el polietileno existen además enlaces débiles y en el

diamante no, por esta razón el diamante mantiene su estructura rígida por encima de los

3000ºC mientras que en el caso del polietileno esa estructura rígida se pierde por

encima de los 120ºC. Es decir que los polímeros deben su comportamiento debido a la

presencia de enlaces covalentes y secundarios al mismo tiempo.

Podemos concluir entonces que cada tipo de material tendrá un tipo de enlace, o

combinación de ellos, que le dará características especiales.

Tipo de Material Carácter del enlace

Metales Metálico

Cerámicos y Vidrios Iónico-covalente

Polímeros Covalente y secundario

Materiales Compuestos Dependen de los elementos constituyentes

P O L I T E C N I C O 8

El enlace secundario presente en los polímeros como un eslabón débil en la estructura

proporciona resistencias y temperaturas de fusión bajas.

Los materiales semiconductores como el silicio deben su característica principal a la

presencia de enlace covalente o covalente –iónico.

En los materiales metálicos la presencia de enlace metálico los hace buenos

conductores y relativamente dúctiles (se pueden deformar mucho).

Los enlaces iónico-covalente presentes en los materiales cerámicos los hace duros,

frágiles y muy resistentes a altas temperaturas.

1.4. Estructura cristalina y amorfa en los materiales:

La estructura física de los materiales sólidos depende principalmente del ordenamiento

de los átomos, iones o moléculas que constituyen el sólido, y de las fuerzas de enlace

entre ellos. Si los átomos o iones de un sólido están ordenados de acuerdo con un

patrón que se repite en el espacio, forman un sólido que tiene un orden de largo alcance

(OLA) al cuál se lo llama sólido cristalino o material cristalino. Ejemplos de los materiales

cristalinos son los metales, las aleaciones y algunos materiales cerámicos. Contrastando

con los materiales cristalinos, existen algunos materiales cuyos átomos o iones no están

ordenados en forma de largo alcance, periódica y repetible, y poseen únicamente un

orden de corto alcance (OCA). Esto significa que el orden existe únicamente en la

vecindad inmediata de un átomo o molécula. Los materiales que presentan solamente

un orden de corto alcance se denominan amorfos (sin forma) o no cristalinos, por

ejemplo el vidrio.

P O L I T E C N I C O 9

1.4.1. Redes espaciales Celda unitaria. Sistemas cristalinos.

El ordenamiento atómico en los sólidos cristalinos se puede describir representando

los átomos en los puntos de intersección de una red tridimensional. Esta red se llam

red espacial y puede describirse como un ordenamiento tridimensional infinito de puntos

Cada punto en la red espacial tiene un entorno idéntico. En un cristal ideal la agrupació

de puntos de la red alrededor de uno cualquiera es idéntica a la agrupación entorno

otro punto de la red espacial

Cada red espacial puede describirse especificando la posición de los átomos en un

celda unitaria repetitiva.

Cada celda unitaria puede definirse mediante las longitudes de sus aristas a,b,c,

mediante los ángulos que dichas aristas forman entre sí  . A estos valores se lo

denomina constantes de red.

a) Red espacial de un sólido cristalino ideal

b) Celda unitaria mostrando las constantes de red

1.4.2. Estructuras cristalinas metálicas:

La mayoría de los metales puros cristalizan al solidificar en tres estructuras cristalina

compactas: cúbica centrada en el cuerpo (BCC, también conocida según otros autore

como CC), cúbica centrada en la cara (FCC, también conocida como CCC) y hexagona

compacta (HCP)

a) BCC (o CC)

b) FCC (o CCC)

c) HCP

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 10

Como puede verse en la figura, en la estructura cristalina BCC (recordar la B proviene

de Body: cuerpo) el átomo central está rodeado por ocho vecinos más próximos. En

cada celda unidad tenemos el equivalente a dos átomos ya que hay un átomo en el

centro de la celda y 1/8 de átomo en cada uno de los ocho vértices. Los átomos de los

vértices entran en contacto entre sí a lo largo de la diagonal del cubo de tal manera que

se puede establecer una relación entre la constante de red a (o parámetro reticular) y el

radio atómico R como se indica en la figura.

b) Celda unitaria BCC de esferas rígidas

c) Celda unitaria BCC aislada

En la estructura cristalina FCC (recordar la F proviene de Face: cara) hay un átomo en

cada vértice del cubo y uno en el centro de cada cara. En esta estructura tendremos

entonces el equivalente a cuatro átomos por celda unitaria ya que hay 1/8 de átomo en

cada uno de los 8 vértices y ½ átomo en cada una de las seis caras. En este caso los

átomos se contactan en la diagonal de la cara del cubo pudiéndose también determinar

la relación entre la constante de red y el radio atómico.

b) Celda unitaria FCC de esferas rígidas

c) Celda unitaria FCC aislada P O L I T E C N I C O 11

En la estructura cristalina HCP se tiene un átomo en cada vértice de las bases, u

átomo en el centro de cada base y un átomo en el centro del plano central del prisma

Esto hace que en la celda unitaria tengamos un equivalente a 2 átomos.

En la figura puede verse que los átomos marcados con 1 contribuyen con 1/6 de átom

a la celda unitaria, y los que se encuentran en la posición 2 colaboran con 1/12 d

átomo Por lo tanto tenemos 4x1/6 más 4x1/12 lo que da un total de 1 átomo al que ha

que sumarle el átomo central.

La observación de los distintos tipos de estructuras cristalinas permite deducir que

cuanto más compactos estén los átomos, más denso será el material. De manera ta

que si se quisiera determinar la densidad de un determinado material, teniendo e

cuenta los vacios existentes entre átomos, podríamos realizarla haciendo el cocient

entre el volumen del total de átomos por celda unitaria y el volumen de la celda unitaria.

1.4.3. Estructuras de los cerámicos y vidrios:

Debido a la gran variedad en la composición química de los materiales cerámicos

vidrios muchos presentarán distintas estructuras cristalinas de largo alcance y otro

(como en el caso del vidrio) un ordenamiento de corto alcance o estructura amorfa.

Sería imposible dar un detalle completo de todas las posibles estructuras cristalinas qu

pueden presentar los materiales cerámicos por lo que sólo se mostrará a modo d

ejemplo la estructura de los silicatos ya que están presentes en gran número d

materiales cerámicos.

La unidad estructural básica de las estructuras de los silicatos es el tetraedro formad

por 4 átomos de Oxígeno y 1 átomo de Silicio, que por ser de tamaño mucho menor s

ubica entre los átomos de oxígeno. El enlace Si-O en la estructura es 50% covalente

50% iónico.

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 12

Debido al pequeño ion altamente cargado de sílice, se crean fuerzas de enlace fuertes

dentro de los tetraedros y como resultado estos estarán unidos esquina con esquina y

rara vez arista con arista; formando de esta manera cadenas o láminas.

a) Cadena de silicato

b) Estructura de lámina de silicato

Si bien los vidrios también tienen como unidad fundamental los tetraedros de sílice,

éstos no tienen un ordenamiento a largo alcance, por eso se habla de estructura amorfa.

En la siguiente figura se muestra la estructura cristalina de un sílice cristalino ideal

comparada con la estructura amorfa de un vidrio.

a) b)

a) sílice cristalino ideal en la que el tetraedro tiene un orden a largo alcance (est.

cristalina)

b) vidrio de sílice sin ordenamiento a largo alcance (est. amorfa)

P O L I T E C N I C O 13

1.4.4. Estructuras de los polímeros:

Los materiales poliméricos tienen una estructura tipo cadena. En comparación con e

orden y apilamiento de átomos e iones individuales en los metales y cerámicos, l

disposición de estas largas cadenas según un patrón regular y repetitivo es difícil. Sól

en algunas zonas de determinados polímeros puede verse que las cadenas mantiene

un relativo ordenamiento.

Los “eslabones” de estas cadenas están unidos entre sí mediante enlaces covalentes

mientras que las cadenas entre sí pueden presentar enlaces débiles o u

entrecruzamiento fuerte dando origen a distintos tipos de polímeros.

Estructura amorfa de un polímero

1.5.Propiedades mecánicas:

Al momento del diseño las propiedades mecánicas son fundamentales, porqu

deberemos conocer cómo se comporta el material seleccionado cuando se encuentr

sometido a los distintos esfuerzos a lo largo de su vida útil.

En general podemos decir que las propiedades mecánicas de los materiales s

caracterizan por dos magnitudes:

 Resistencia: oposición que presenta un material a ser deformado o destruido

 Plasticidad: capacidad de adquirir una deformación remanente sin que s

destruya. Una pequeña plasticidad o la carencia total de ella se denomin

fragilidad.

Los ensayos mecánicos nos permiten obtener los valores numéricos de las propiedade

mecánicas y estas propiedades permiten a los diseñadores y/o constructores establece

en qué condiciones de servicio puede ser usado ese material y cuál puede ser l

máxima carga que puede soportar.

Tensiones:

Las tensiones son esfuerzos que se encuentran en el interior de los materiales y puede

clasificarse en temporales o internas según los efectos que las producen:

 Tensiones temporales: aparecen por efecto de una carga externa aplicada

desaparecen cuando ésta deja de actuar. Pueden ser tensiones normales ()

tensiones tangenciales ().

 Tensiones internas: se originan y equilibran en los límites de la pieza sin la acció

de ninguna carga exterior y están relacionadas con la distribución heterogénea d

las deformaciones en todo su volumen. Tendremos las tensiones térmicas qu

surgen en un proceso de enfriamiento o calentamiento violento del material, com

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 14

resultado de la dilatación (o contracción) heterogénea de las capas externas e

internas (por ejemplo en el proceso de fraguado del hormigón, o en el caso de

una soldadura). Tensiones estructurales: debidas al proceso de cristalización

cuando las transformaciones de fase no son homogéneas en todo el volumen.

Mecanismo de la deformación:

Se entiende por deformación el cambio de dimensiones y forma de la materia causado

por la acción mecánica de fuerzas externas aplicada al cuerpo o diferentes procesos

físico-químico que surgen en el mismo como por ejemplo, la variación de volumen de

algunos cristales durante los cambios de fase, o como resultado de gradientes de

temperatura.

Habíamos dicho que entre los átomos constituyentes del material se producían fuerzas

de atracción y repulsión que daban cohesión al mismo. Si no actuaran fuerzas externas

el estado de equilibrio entre dichas fuerzas permanecería por tiempo indefinido sin

modificar la forma y dimensiones del cuerpo.

Al actuar las fuerzas externas se rompe el equilibrio interno, variando las fuerzas de

atracción y repulsión, es decir se producirán nuevas fuerzas internas que tratarán de

restablecer el equilibrio, manteniendo la cohesión del material.

De acuerdo con el tipo y cantidad de material que tengamos las fuerzas internas podrán

equilibrar a las externas impidiendo que la deformación continúe y el cuerpo rompa.

Según la magnitud de las fuerzas aplicadas, el tipo de material y las dimensiones de la

pieza, será la magnitud y característica de la deformación. Podemos decir entonces que

si al suprimir la carga, el cuerpo retoma su forma y dimensiones originales, la

deformación es elástica. Cuando ello no ocurre la deformación es plástica.

Aquellos materiales que poseen escasa capacidad de deformación plástica, se los

denomina frágiles, su rotura se produce en forma brusca (por ejemplo: los aceros de

alta resistencia, la fundición, el hormigón, los vidrios y los cerámicos en general); en

cambio aquellos que alcanzan la rotura después de experimentar una importante

deformación plástica se los denomina dúctiles (por ejemplo aceros con bajo contenido

de carbono). Esta propiedad de poder ser deformados plásticamente en gran extensión

sin sufrir fractura, es una de las propiedades de los materiales más útiles para

ingeniería, así por ejemplo, la deformabilidad plástica del acero posibilita que partes de

vehículos como aletas parachoques, cubiertas y puertas sean troqueladas

mecánicamente sin fracturar el metal. La capacidad de deformarse elásticamente o

plásticamente, varía según el material, las condiciones en que se apliquen las cargas y

la temperatura a la que esté expuesto.

Esfuerzos Internos:

Dijimos anteriormente que al actuar fuerzas externas sobre un cuerpo, se rompía el

equilibrio interno y para reestablecerlo aparecían fuerzas internas (o esfuerzos internos)

que mantienen la cohesión del material tratando de impedir la deformación y/o rotura.

Los esfuerzos internos pueden ser:

 Esfuerzo Normal: produce el acortamiento (esfuerzo de compresión) o el

alargamiento (esfuerzo de tracción) del eje de la pieza. P O L I T E C N I C O 15

 Esfuerzo de Corte o Cizalladura: produce el desplazamiento relativo entre do

secciones transversales infinitamente próximas.

 Esfuerzo de flexión: produce el giro de la sección transversal alrededor de un ej

coplanar a la misma, curvando el eje de la pieza.

 Esfuerzo de torsión: produce el giro de la sección transversal en su plano

alrededor de un punto.

Es importante destacar que todos estos esfuerzos no siempre se presentan en form

simultánea, así por ejemplo podremos tener cuerpos solicitados a un único esfuerz

(esfuerzo simple) o a varios esfuerzos (esfuerzo compuesto)

Estos esfuerzos internos son los que generan las tensiones temporales (descripta

antes) y según sea el carácter del esfuerzo será la tensión. Así, todos aquello

esfuerzos que actúen en forma normal a la sección considerada originarán tensione

normales  (esfuerzo normal y esfuerzo de flexión) y aquellos que actúe

tangencialmente a la sección originarán tensiones tangenciales  (esfuerzo de corte

esfuerzo de torsión).

Relación entre el tipo de deformación y rotura con el tipo de esfuerzo y tensió

actuantes:

Deformación elástica: habíamos dicho que era aquella que desaparecía completament

cuando las fuerzas externas dejaban de actuar; no produce cambios notables en l

estructura y propiedades del material ya que los desplazamientos atómicos relativos so

insignificantes (los átomos que se alejaron o aproximaron unos de otros durante e

esfuerzo de tracción o compresión, vuelven a sus posiciones de equilibrio cuando deja

de estar sometidos a estos esfuerzos).

En la mayoría de los materiales, la magnitud de la deformación elástica es muy pequeñ

y depende linealmente de la carga respondiendo a la ley de Hooke:

E

en donde l / l0 es la deformación específica (o deformación longitudinal unitaria)

E: módulo de elasticidad (o módulo de Young), es una propiedad del material qu

caracteriza su rigidez, es decir su resistencia a las deformaciones elásticas (represent

la capacidad que tiene el material a oponerse a ser deformado elásticamente; cuant

mayor es el módulo de elasticidad menos se deforma elásticamente). Depende mu

poco de la estructura y se determina por las fuerzas de enlace interatómico.

En construcciones al diseñar elementos estructurales metálicos se necesita que e

material esté trabajando dentro del período de elasticidad para que no quede co

deformaciones permanentes al dejar de actuar la carga y además se requiere qu

tengan gran rigidez, es decir módulo de elasticidad elevado, razón por la cual se utiliz

el acero (E = 2100000kg/cm2

)

Deformación Plástica: se produce por encima de una determinada tensión a partir de l

cual se altera la proporcionalidad directa entre la tensión y la deformación (expresad

por la Ley de Hooke). Este tipo de deformaciones está relacionado con el deslizamient

de los átomos.

Rotura frágil: La rotura frágil pura prácticamente no se encuentra, siempre se observ

cierta deformación plástica, aunque sea pequeña, la fractura tiene carácter cristalino

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 16

Rotura dúctil: Va precedida de una deformación plástica considerable; su factura es

fibrosa y opaca.

Resistencia a los distintos tipos de esfuerzos:

No es motivo de este curso el estudio de los ensayos a los distintos tipos de esfuerzos a

los que se verán expuestos los materiales en servicio, pero el alumno debe saber que la

determinación de la resistencia a rotura por: tracción, compresión, flexión, corte y torsión

son valores fundamentales al momento del diseño. Sin embargo, hay otros conceptos

importantes también al momento del diseño.

Dureza: Se denomina dureza a la resistencia a la deformación plástica de un material

durante la penetración (o indentación).

La medición de dureza, debido a la rapidez y sencillez del ensayo y a la posibilidad de

juzgar las propiedades de la pieza sin necesidad de su destrucción, tiene amplia

aplicación para el control de calidad de los metales ya que existe una relación entre la

dureza y la resistencia a la rotura.

Los principales métodos para determinar la dureza se basan en la aplicación de una

carga determinada (mediante un penetrador de material y dimensiones normalizados) y

la lectura, después que la carga deja de actuar, de la huella resultante. Los métodos

más conocidos son Brinell, Vickers, Rockwell.

Tenacidad: es la capacidad de absorber energía de impacto. Se puede evaluar a partir

del ensayo de impacto o bien a partir del ensayo de tracción ya que la tenacidad resulta

proporcional al área encerrada bajo la curva . En general un material más dúctil es

más tenaz que uno frágil.

Fatiga: Las cargas variables repetidas y sobre todo alternativas (tracción y compresión)

provocan roturas en los metales a tensiones inferiores al límite de fluencia, en un

proceso denominado fatiga.

2.- Características generales de los distintos tipos de materiales:

Como se vio al principio existen varios grupos de materiales, daremos algunas

características generales de los mismos para luego enfocarnos en los más usados en la

construcción.

2.1. Materiales electrónicos:

No son importantes por su volumen de producción, pero sí lo son por su avanzada

tecnología. El más importante es el silicio puro, al que se modifica de distintos modos

para cambiar sus características eléctricas. Muchos circuitos electrónicos complejos

pueden miniaturizarse en un chip de silicio de aproximadamente 1,9cm2

. Los

dispositivos microelectrónicos han hecho posibles nuevos productos, como los satélites

de comunicaciones, las computadoras, calculadoras, relojes digitales y robots.

Seguramente estos materiales electrónicos serán muy importantes en las fábricas del

futuro donde gran parte de los procesos se realizarán con robots asistidos por

herramientas controladas por computadora.

P O L I T E C N I C O 17

2.2. Materiales inteligentes:

Tienen la capacidad de detectar estímulos ambientales externos (temperatura, esfuerzo

luz, humedad, campos eléctricos y magnéticos) y como respuesta a éstos modifican su

propiedades, su estructura o sus funciones. Los materiales inteligentes o los sistema

que los emplean están formados por detectores y accionadores. El componente detecto

descubre un cambio en el ambiente y el accionador realiza una función o emite un

respuesta específica. Por ejemplo algunos materiales inteligentes cambian de color o l

producen al exponerse a cambios de temperatura, intensidad de la luz o una corrient

eléctrica. Algunos de los materiales inteligentes más importantes desde una perspectiv

tecnológica, que pueden hacer las veces de accionadores son las aleaciones co

memoria de forma. Una vez deformadas estas aleaciones regresan a su forma origina

después de un aumento de temperatura superior a una temperatura determinada. E

regreso se debe a un cambio en su estructura que se produce por encima de es

temperatura crítica. Una aplicación de estas aleaciones se da en biomedicina par

sostener paredes arteriales debilitadas o para expandir arterias obstruidas. La prótesi

deformada se coloca con una sonda dentro de la arteria en la posición adecuada y lueg

se expande a su forma y tamaño original después de que alcanza la temperatur

corporal. Son ejemplos de estas aleaciones las de níquel y titanio, y las de cobre-zincaluminio.

También se usan los dispositivos inteligentes en los sistemas de escala micrométric

que tienen la finalidad de detectar, comunicar y accionar. Una de las aplicaciones d

estos sistemas son las bolsas de aire para automóviles, usadas con la finalidad d

detectar tanto la desaceleración como el tamaño de la persona que está en el auto par

abrir la bolsa cuando se alcanza la velocidad apropiada.

2.3. Nanomateriales:

Son aquellos que tienen una escala de longitudes característica menor a 100nm (1nm

10

-9m), es decir que el diámetro de las partículas, el tamaño de los granos, o el espeso

de las capas por ejemplo es menor que 100nm. Los nanomateriales pueden se

metálicos, poliméricos, cerámicos, electrónicos o compuestos. Así los agregados d

polvo cerámico de tamaño menor a 100nm, los metales a granel con tamaños de gran

menores de 100nm, las películas poliméricas delgadas de menos de 100nm de espeso

y los alambres electrónicos de diámetro menor de 100nm, están dentro de este grupo

Las primeras aplicaciones de ellos fueron en forma de catalizadores químicos

pigmentos. Todavía no se los puede producir de manera eficiente y barata. Una mu

buena aplicación es en biomedicina para implantes ortopédicos y dentales ya qu

presentan mejores características de biocompatibilidad, mayor resistencia y mejore

características respecto al desgaste de los metales. Algunos pueden elaborarse e

forma porosa, y al emplearse como material de implantes permite que el hueso crezc

en sus poros, lo cual redunda en una fijación más estable. Las aleaciones metálicas qu

se usan hoy no permiten una interacción de este tipo y suelen aflojarse con el paso de

tiempo con lo cual es necesaria una nueva cirugía. También se usan para produc

pinturas o materiales de revestimiento que son más resistentes a la abrasión y al dañ

del medio ambiente.

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

2.4. Materiales metálicos:

Son sustancias inorgánicas compuestas por uno o más elementos metálicos y pueden

contener algunos elementos no metálicos. Son ejemplos de elementos metálicos el

hierro, el cobre, el aluminio, el níquel y el titanio y de elementos no metálicos el carbono,

nitrógeno y el oxígeno.

Los metales son buenos conductores térmicos y eléctricos, son relativamente dúctiles a

temperatura ambiente y presentan alta resistencia incluso a altas temperaturas.

Si se mezclan dos o más metales tenemos lo que se denomina una aleación.

Los metales y aleaciones suelen dividirse en dos clases:

 aleaciones y metales ferrosos: contienen un elevado porcentaje de hierro, como

el acero y las fundiciones

 aleaciones y metales no ferrosos: carecen de hierro o contienen sólo muy

pequeñas cantidades por ejemplo el aluminio, el cobre, el zinc, el titanio y el

níquel.

Ya sea en aleación o puros se emplean en muchas industrias como la metalmecánica, la

aeronáutica, la construcción, la biomedicina, la electrónica entre otras. Por ejemplo

aleaciones de titanio, acero inoxidable y las basadas en cobalto, se emplean en

aplicaciones como implantes ortopédicos, válvulas cardíacas, dispositivos de fijación y

tornillos, ya que además de su gran resistencia presentan biocompatibilidad siendo esto

de fundamental importancia ya que el ambiente dentro del cuerpo humano es en

extremo corrosivo.

Clasificación

al carbono

Baja aleación

Alta resistencia

Aceros

Alta aleación

Ferrosas

Blanca

Fundiciones Gris

Nodular

Maleable

ALEACIONES

de cobre

de níquel

No ferrosas de cinc, plomo y estaño

metales refractarios

otros metales

aluminio

Ligeras magnesio

titanio

berilio

P O L I T E C N I C O 19

Los aceros generalmente tienen un contenido en carbono comprendido entre el 0,05%

y el 2% en peso. Tienen un contenido especificado de otros componentes como po

ejemplo Níquel, Cromo, Molibdeno, Vanadio, Tungsteno y Manganeso. Un acero puede

requerir uno o más de estos elementos aleantes para tener características o

propiedades especiales. No obstante en la mayoría de los casos el carbono es e

principal componente, ya que tiene un rol decisivo en las propiedades y en la selección

del tratamiento térmico más apropiado para modificarlas. Debido a esto es que las

normas SAE denominan los aceros teniendo en cuenta el contenido de carbono

indicando: acero SAE 10XX en donde XX representa el porcentaje de carbono que se

especifica dentro de un rango, por ejemplo el acero SAE 1045 tiene entre 0,43 y 0,48%

de carbono.

Existen otras clasificaciones de los aceros según las diferentes normas y usos, así po

ejemplo el acero utilizado en la construcción metálica, según el CIRSOC se denominará

F-24, F-26, F-32, siendo en número que acompaña a la F el valor de la tensión de

fluencia del acero correspondiente. Mientras que el acero usado para Hormigón armado

se denominará, según el CIRSOC, acero tipo I, II, III, IV.

Las fundiciones, en cambio son más usadas en mecánica y son aleaciones de Fe-C-S

en las que el contenido de C es superior al 2%. Resultan excelentes para el moldeo po

sus temperaturas de fusión relativamente bajas, porque no forman capas superficiales

indeseadas durante la colada, y por experimentar una contracción moderada durante la

solidificación y el enfriamiento. Esto permite obtener piezas con formas complejas

aunque las propiedades mecánicas serán inferiores a las aleaciones de forja. La

resistencia es variable según el tipo de fundición.

Las aleaciones no ferrosas no tienen como base el hierro, son muy usadas en

distintas aplicaciones en la construcción.

 Cobre y sus aleaciones: tiene una temperatura de fusión elevada y una excelente

conductividad eléctrica por lo cual las aleaciones de cobre resultan un materia

idóneo para la fabricación de cables eléctricos, además su excelente

conductividad térmica permite su uso en radiadores. Es fácilmente conformable

en frío. Posee una resistencia de aproximadamente 350MPa y un alargamiento

porcentual del 40%. Es un material criogénico ya que a temperaturas muy bajas (

196º) aumenta su resistencia mecánica un 50%. Es excesivamente blando y

fácilmente soldable. Muestra excelente resistencia a la corrosión en agua de ma

y otros ambientes corrosivos, aunque es atacado por los halógenos en húmedo

Siempre está recubierto por una capa protectora de óxido, que crece con la

temperatura y puede llegar a descamarse. Al oxidarse, se cubre de una pátina

verdosa y esto hace que se emplee en ocasiones por motivos decorativos en

arquitectura. La adición de aleantes busca mejorar las propiedades mecánicas y

la resistencia al desgaste aunque perjudica la conductividad.

- latones: aleaciones de cobre y zinc, se usan en tuberías, instrumentos

musicales, monedas o en arquitectura. La conductividad térmica y eléctrica

disminuye al aumentar el contenido de zinc, pero aumenta la resistencia y

empeora el comportamiento a la corrosión.

- Bronces: aleaciones de cobre y estaño. Se usaba mucho en algunos

elementos de instalaciones sanitarias por ejemplos canillas. La resistencia

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 20

a la tracción del cobre mejora hasta un 20% con el estaño. Son más

resistentes a la corrosión que los latones, y son criogénicos, de modo que

su comportamiento mejora al disminuir la temperatura. Los bronces al

plomo mejoran su maquinabilidad y éste elemento también puede actuar

como lubricante.

- Cuproaluminios: son aleaciones de cobre y aluminio que combinan buenas

propiedades mecánicas con una buena resistencia a la corrosión.

Cuproberilio: la adición de berilio entre un 0,4 y un 2% permiten obtener las

aleaciones más resistentes de cobre, con resistencias a tracción de hasta

1400MPa, comparables a los aceros de alta resistencia. Se comportan

muy bien a corrosión y tienen un bajo módulo elástico. Se emplean en

resortes o muelles de precisión o para electrodos de soldadura. Su

principal inconveniente es el costo.

 Níquel y sus aleaciones: fácilmente deformable, posee un excelente

comportamiento a corrosión y oxidación a alta temperatura. Tiene buena

resistencia mecánica a altas temperaturas y alta conductividad eléctrica, y se

emplea en equipos eléctricos y electrónicos. Las aleaciones comerciales con una

relación Ni-Cu de 2:1 en peso se conocen como Monel, con una resistencia

relativamente alta, buena soldabilidad y excelente resistencia a corrosión.

Cuando las condiciones de servicios son las más críticas, es decir cargas

elevadas, alta temperatura y un ambiente agresivo resulta necesario un material

que cumpla con determinados requisitos, surgen entonces las denominadas

superaleaciones que son muy caros pero presentan propiedades excelentes. Las

supealeaciones a base de níquel presentan una de las mejores relaciones

propiedades /estructura dentro del rango de temperaturas entre 650º y 1100ºC.

Poseen buena resistencia a tracción a elevada temperatura, resistencia a rotura

por fluencia hasta 5000hs., resistencia a la oxidación en caliente y resistencia a

fatiga térmica a altos y bajos ciclos, con el fin de asegurar entre 20000 y 50000hs.

de vida. Las aleaciones Inconel (níquel-cromo-hierro) que incorporan titanio, son

ejemplos de las superaleaciones a base de níquel. Se emplean en cámaras de

combustión, álabes de turbinas y han sido fundamentales en el desarrollo de la

industria aeroespacial.

 Aleaciones de cinc, plomo y estaño: son metales pesados con un bajo punto de

fusión. Su dureza y resistencia mecánica son bastante bajas.

- el cinc, es blanco azulado, con estructura cristalina. Es muy sensible a la

corrosión electroquímica, y es atacado por la humedad. Se emplea en

procesos de galvanizado de aceros, para obtener latones y en pinturas.

Las aleaciones de cinc con aluminio y cobre son fácilmente moldeables por

su baja temperatura de fusión. Se usa para realizar piezas de automóviles

aunque actualmente es desplazado por el uso de materiales más livianos

- el plomo es muy deformable con cargas bajas. Es muy resistente al agua

(por eso se lo usaba en cañerías desde la antigüedad). Es el metal que

mejor resiste al ácido sulfúrico. Las aleaciones de plomo se usan en

baterías, en soldaduras, en elementos de protección contra la radiactividad

o en estructuras de control sonoro. Su toxicidad restringe sus aplicaciones

y la de sus aleaciones. P O L I T E C N I C O 21

- El estaño funde a 231ºC es muy resistente a la corrosión ambiental y a los

ácidos orgánicos por lo que en contacto con los alimentos no resulta

tóxico. Es muy deformable en frío pudiéndose obtener láminas muy

delgadas. Se usa en recubrimientos en el sector alimentación. Al alearse

con el cobre, plomo y antimonio se mejoran sus propiedades mecánicas y

se emplean de esa forma como materiales antifricción.

 Metales refractarios: en aplicaciones que requieran superar los 1000ºC se recurre

a materiales con alto punto de fusión que mantengan sus propiedades a elevadas

temperaturas.

Las aleaciones Ligeras se usan para reducir el peso de diferentes componentes y

estructuras. Tienen densidades que van desde 1,7g/cm3

del magnesio a los 4,5g/cm3

de

titanio. Esta reducción de peso se traduce en elevadas relaciones resistencia/peso y alta

rigidez específica.

 Aluminio y sus aleaciones: tiene baja densidad que elevan los elementos

aleantes, su coeficiente de dilatación es muy alto y se puede disminuir con los

aleantes. Tiene elevada conductividad térmica y eléctrica y también son elevadas

la absorbancia y la reflectancia por lo que se usa en el control térmico de

sistemas espaciales. Su módulo de elasticidad es bastante bajo y se aumenta su

rigidez con el Li. Por su estructura cristalina tiene una excelente capacidad de

deformación, pero puro presenta muy baja dureza y resistencia, por lo cual no es

un material estructural, por el contrario, se usa para aplicaciones estéticas y tiene

la ventaja adicional de presentar un excelente comportamiento a la corrosión

(reacciona espontáneamente con el oxígeno atmosférico, formando una capa

superficial de óxido que recubre la pieza y que protege al material frente a

muchos ambientes) por eso se usa en arquitectura y la industria química además

del uso doméstico del papel de alumnio. En sus diferentes aleaciones tiene gran

cantidad de aplicaciones desde la carpintería de alumnio (puertas y ventanas

aleado con Mg y Si), aplicaciones aeroespaciales (aleado con Li) o en cojinetes

(aleado con Si)

 Magnesio y sus aleaciones: es el metal estructural más ligero. Posee bajas

temperaturas de fusión y ebullición, así como un gran coeficiente de dilatación

Tiene buena conductividad térmica y eléctrica que es deteriorada por los

elementos de aleación. Tiene estructura HPC que lo hace muy frágil. Su módulo

de elasticidad es el más bajo de todos los metales. Es muy reactivo. Sus

aleaciones fueron muy usadas hasta los años 60 en la industria aeroespacial

pero en la actualidad su uso quedó reducido a motores y helicópteros

aumentando su uso en automoción por el ahorro de peso y menor consumo.

 Titanio y sus aleaciones: su principal problema es que su extracción es costosa

Posee baja densidad, alta temperatura de fusión, bajo calor específico y

conductividad térmica (la menor de todos los metales), bajo coeficiente de

dilatación. Es ligeramente paramagnético. Los ciclos térmicos pueden provoca

cambios dimensionales importantes. Posee una alta reactividad superficial, lo que

provoca que se contamine por contacto con otros materiales. También es alta la

reactividad con el oxígeno; esta afinidad origina la rápida formación de una capa

superficial de óxido muy impermeable y por lo tanto protectora, frente a la

oxidación como a la corrosión, comportamiento incluso superior al del aluminio y

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

acero inoxidable. Todavía hoy el 80% del uso del titanio es aeroespacial

(motores, rotores de helicópteros, recipientes criogénicos de altas presiones de

los cohetes, remaches), a pesar que su empleo se ha extendido a otros campos

como la industria química y alimentaria, la explotación energética, los implantes

médicos (por su biocompatibilidad), vehículos de transporte, en exteriores de

edificios, estructuras metálicas en ambientes marinos y artículos como

herramientas, gafas, llaveros y relojes.

 Berilio: es uno de los metales estructurales más ligeros conocidos. Su poco peso,

unido a su resistencia y rigidez, lo convierten en un material ideal en aplicaciones

en las que se requieran altas resistencia y rigidez específicas, como sucede en la

industria aeroespacial, por lo que se emplea en piezas estructurales en

transbordadores espaciales, motores, o en sistemas inerciales de guiado. Posee

la capacidad calorífica más alta de todos los metales, lo que mantiene hasta la

temperatura de fusión (1278ºC). También posee una elevada conductividad

térmica, que permite que se igualen rápidamente las temperaturas, reduciendo la

distorsión que provocarían los gradientes térmicos. El coeficiente de dilatación es

del orden del acero inoxidable o las aleaciones de níquel. Es importante en la

industria nuclear por su alta sección de dispersión de neutrones y su baja sección

de captura de electrones.

2.5.Materiales Poliméricos:

Constan de largas cadenas que frecuentemente se basan en compuestos orgánicos. La

resistencia y ductilidad de ellos varía considerablemente. Debido a su estructura interna

son malos conductores de electricidad, algunos son buenos aislantes y se emplean

como aislantes eléctricos, térmicos, hidráulicos y acústicos. En general tienen baja

densidad. Dado su menor costo y buenas propiedades tienen numerosas aplicaciones

en todo tipo de industrias reemplazando en muchos casos a los metales, al vidrio y al

papel.

Clasificación:

celulosa

grafito

Naturales proteínas

caucho

alquitrán

POLÍMEROS Termoplásticos

Plásticos

Termofijos

Sintéticos Elastómeros

Fibras

P O L I T E C N I C O 23

Termoplásticos:

A los termoplásticos es necesario calentarlos para darles su forma y después enfriarlos,

de este modo adquieren y conservan la forma que se les dio. Estos materiales pueden

volverse a calentar cierto número de veces para darles nuevas formas sin que haya un

cambio significativo en sus propiedades, razón por la cual decimos que son materiales

reciclables. La mayoría de los termoplásticos están constituidos por cadenas principales

muy largas de átomos de carbono, enlazados entre sí en forma covalente. Algunas

veces, se enlazan también átomos de nitrógeno, oxígeno o azufre en forma covalente

con la cadena molecular principal. Los átomos o grupos de átomos adheridos están

enlazados de forma covalente a los átomos de la cadena principal.

Las largas cadenas moleculares están ligadas entre sí por enlaces secundarios por lo

que al entregar energía en forma de calor llegará un momento que la agitación térmica

vencerá las uniones débiles, disminuyendo marcadamente la viscosidad del polímero,

de manera tal que llega a comportarse como líquido; esto se debe a que en estas

condiciones las moléculas pueden moverse unas sobre otras. Enfriado, se limitará el

movimiento molecular pasando nuevamente al estado sólido.

Son ejemplos de termoplásticos:

 Polietileno: es por amplio margen el material plástico más ampliamente usado

debido a su bajo costo y porque tiene múltiples propiedades de importancia

industrial, entre las que se incluyen su dureza a temperatura ambiente y a bajas

temperaturas, con suficiente resistencia para aplicaciones en muchos productos,

su buena flexibilidad incluso a temperaturas menores a -73º, sus excelente

resistencia a la corrosión, sus propiedades aislantes y su baja transmisión aguavapor. Es un material translúcido entre transparente y blanquecino que a menudo

se fabrica en películas delgadas. Es degradado por la acción UV y el oxígeno. La

exposición a la intemperie provoca su rotura al perder las propiedades

mecánicas. Su principal uso en la construcción es en forma de láminas de alta

densidad para la fabricación de estanques y recubrimiento de pozos , como

aislantes de humedad en cimientos y cubiertas.

 Policloruro de vinilo: (PVC) sin aditivos puede encontrar aplicaciones pero es

difícil de procesar y además tiene una resistencia de impacto baja. Con sus

propiedades optimizadas a través de aditivos (plastificantes, lubricantes,

productos de relleno y pigmentos) puede usarse en construcción para caños de

agua y desagües, canos corrugados de electricidad, revestimientos de paredes

de interiores y obviamente en muchos de los elementos utilizados en los

procesos constructivos como también en la indumentaria de los operarios. Se

utiliza también en la fabricación de perfiles para ventanas y cortinas americanas.

 Poliestireno: se caracteriza por su rigidez, su claridad reluciente y su facilidad

para ser procesado, pero tiende a ser frágil. Tiene una pobre resistencia a la

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 24

intemperie y son atacados químicamente por disolventes orgánicos y aceites. Los

poliestirenos tienen buenas propiedades de aislamiento eléctrico y propiedades

mecánicas adecuadas. En construcción tiene muchas aplicaciones el poliestireno

expandido como aislante, ladrillones, o en pequeñas esferas para alivianar el

hormigón.

 Polipropileno: En la construcción se usa para caños de agua fría y caliente,

baldes de pintura.

 Policarbonato: son de alta resistencia, buena estabilidad dimensional, ductilidad y

tenacidad. Poseen excelente aislamiento eléctrico, transparencia y baja absorción

de agua, sin embargo lo atacan los agentes orgánicos y su resistencia química no

es muy buena, pero con un correcto mantenimiento (limpieza periódica con

químicos no abrasivos y neutros) se puede extender bastante su vida útil. Es

usado para realizar cubiertas translúcidas y en ventanas ya que es una opción

más barata y liviana que el vidrio. Otras aplicaciones son los colectores solares.

 ABS: son conocidos por sus propiedades optimizadas para la ingeniería, como

buen impacto y solidez mecánica combinados con su fácil procesamiento. La

mayor utilidad se encuentra en las tuberías y herramientas, recubrimientos de

puertas en interiores de frigoríficos.

 Acrílicos: son excepcionalmente transparentes, muy parecidos en esta

característica al vidrio, con la salvedad que no son un material duro, rígido y

cualquier elemento abrasivo puede rayarlos, arruinando su principal ventaja: la

excelente transmisión de la luz. También poseen una gran resistencia a la

intemperie, baja absorción de agua, buena resistencia al impacto. Tiene

resistencia baja al desgaste por fricción y temperatura baja de ablandamiento Se

usa para acristalar cabinas de seguridad y cerramientos donde se necesite

seguridad frente al impacto, es muy usado para realizar acuarios en reemplazo

del vidrio.

Termofijos:

En este caso las cadenas moleculares están fuertemente unidas entre sí mediante

puentes de otras moléculas o polímeros, que carecen de libertad de movimiento aún en

caliente, lo que le otorga mayor resistencia a altas temperaturas: este material no se

ablandará al aplicarle calor, manteniendo su forma hasta que la intensidad del

calentamiento sea tal que comience a quemarse. Debido a que se producen procesos

químicos irreversibles que destruyen al polímero, al menos desde el punto de vista de

sus propiedades útiles, éste se degrada. Por lo tanto estos materiales no pueden

reprocesarse térmicamente (no son reciclables).

Si bien la palabra termofijo indica que se requiere calor para endurecer

permanentemente, hay muchos plásticos que son llamados termofijos que sólo se

pueden fijar o curar a temperatura ambiente mediante una reacción química. La mayoría

de los plásticos termofijos están compuestos por una red de átomos de carbono

enlazados en forma covalente para formar un sólido rígido. Algunas veces, también se

enlazan en forma covalente átomos de nitrógeno, oxígeno, azufre u otros para formar

una estructura reticular.

P O L I T E C N I C O 25

En general las ventajas de los plásticos termofijos para aplicaciones en diseño de

ingeniería son algunas de las siguientes:

- alta estabilidad térmica

- alta rigidez

- alta estabilidad dimensional

- resistencia a la fluencia y a la deformación bajo carga

- peso ligero

- propiedades aislantes eléctricas y térmicas altas.

Son ejemplos de Termofijos:

 Fenólicos: como ya se dijo fueron los primeros plásticos sintéticos (baquelita) y

todavía hoy se usan debido a su bajo costo y a que tienen buenas propiedades

eléctricas, son aislantes térmicos, tienen buenas propiedades mecánicas, se

moldean con facilidad pero son de color negro o marrón. Se usan en dispositivos

de cableado, conmutadores eléctricos, conectores y sistemas de relés

telefónicos. Son buenos adhesivos a altas temperaturas y resistentes a la

humedad por lo cual se usan para laminar ciertos tipos de contrachapados y

tableros de partículas siendo estos tableros muy usados en la construcción como

encofrados o para realizar entrepisos.

 Resinas epóxicas: no generan productos de reacción al curarse, por lo tanto

tienen baja contracción. Tienen buena adhesión a otros materiales, buena

resistencia química y al medio ambiente, buenas propiedades mecánicas y

buenas propiedades como aislantes eléctricos. Se usan en una gran variedad de

recubrimientos protectores y decorativos por su buena adhesión y resistencia

mecánica.

 Poliésteres insaturados: reforzados con vidrio se usan en la construcción para

paneles y componentes de baños, tuberías, tanques y ductos donde se requiere

buena resistencia a la corrosión.

 Amino-resinas: se usan para hacer placas y receptáculos eléctricos de pared,

perillas, manijas, vajillas, botones, botones de control, y por sus propiedades

adhesivas se usan en tableros de partículas de madera, contrachapado, pisos.

Elastómeros:

Son materiales poliméricos cuyas dimensiones pueden cambiar en gran medida cuando

se someten a esfuerzos y cuando retornan a sus dimensiones originales (o casi,

recordemos que los materiales ideales no existen), al cesar la fuerza deformante.

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 26

El caucho natural se produce a partir del látex del árbol Hevea brasiliensis, que se

cultiva principalmente en el sudeste asiático. La fuente del caucho natural es un líquido

lechoso conocido como látex, el cual es una suspensión que contiene partículas muy

pequeñas de caucho. El látex en bruto se diluye hasta alcanzar 15% de contenido de

caucho y luego se coagula con ácido fórmico (un ácido orgánico). El material coagulado

se comprime a través de rodillos para eliminar el agua y producir un material en forma

de lámina. Las láminas se secan y luego con rodillos por acción mecánica se rompen

algunas de las largas cadenas del polímero y se reduce su peso molecular promedio.

Existen muchos cauchos sintéticos como el estireno – butadieno, cauchos de nitrilo y

siliconas por nombrar algunos.

Son ejemplos de elastómeros más usados en la construcción:

 Neopreno: la presencia del átomo de cloro aumenta la resistencia de los dobles

enlaces al ser atacados por el oxígeno, ozono, calor, luz y diversas condiciones

ambientales. También tienen buena resistencia a los combustibles y al aceite y

mayor resistencia en general. Sin embargo tienen menor flexibilidad a bajas

temperaturas y su costo es elevado. Se usan en aplicaciones especiales como

recubrimientos de alambres y cable. En construcciones antisísmicas se utilizan en

las bases para acompañar el movimiento e impedir el colapso de la construcción.

Se usa también en aquellos apoyos de elementos estructurales para materializar

un vínculo simple con posibilidad de movimiento en una dirección.

 Cauchos de silicona: tienen la importante ventaja de que pueden usarse en un

amplio rango de temperaturas (es decir de -100º a 250ºC). Algunas de sus

aplicaciones son: selladores, juntas, aislamiento eléctrico, y fundamentalmente

como adhesivos

 Espumas: Las espumas son materiales que contienen burbujas de gas. Se

pueden fabricar en varios tipos, que van desde rígidas a las de textura muy

blanda. Las espumas flexibles tienen un gran uso en toda clase de

acolchonamientos, mientras que las rígidas son muy conocidas como aislantes

térmicos.

En general las espumas rígidas consisten de celdas cerradas y las de las flexibles

son abiertas. Las celdas tienen que ser abiertas para que exista la suficiente

flexibilidad al expulsar el aire por compresión. Existen en la actualidad muchos

sistemas de espumas y su número crece día a día. Las de mayor uso son las

realizadas con poliuretanos y con poliestireno.

Las espumas de baja densidad tienen conductividades térmicas un poco más

altas que la del gas de las celdas. Las moléculas de los gases más pesados

producen las conductividades térmicas más bajas. Estos gases son los que se

P O L I T E C N I C O 27

usan en las espumas para aislamientos. El gas de las espumas no siempre es

permanente. En algunos casos, el agente espumante puede escapar, permitiendo

la entrada de otros gases por ejemplo aire o vapor de agua.

Las espumas de poliuretanos son las más versátiles. Se pueden producir

estructuras rígidas o flexibles y blandas. Pueden moldearse o aplicarse como

recubrimiento y se adhieren a la mayoría de las superficies.

La inflamabilidad es uno de los principales problemas de las espumas plásticas.

Debido a la gran área superficial de la estructura celular, la combustión puede

propagarse con gran rapidez. Puede reducirse mediante la adición de retardantes

de flama que contienen fósforo, bromo o cloro. Los compuestos de fósforo deben

usarse con cuidado porque combinados con determinados elementos al

generarse la combustión produce compuestos de alta toxicidad.

\

2.6.Materiales Cerámicos:

Son materiales inorgánicos formados por elementos metálicos y no metálicos. La

mayoría de ellos tienen una gran dureza y resistencia a las altas temperaturas pero

tienden a ser frágiles (con poca deformación antes de la rotura). Presentan buena

resistencia al calor y al desgaste, poca fricción y propiedades aislantes lo que los

hace útiles para revestimientos de hornos incluso para aquellos usados en la

fabricación de aceros y vidrios. Debido a la gran resistencia a la corrosión (incluso a

altas temperaturas) y al choque térmico, que presentan algunos de ellos, son muy

usados en la industria aeroespacial. Dada su gran variedad (de acuerdo a su

composición química), tienen numerosas aplicaciones, desde la construcción,

aeronáutica, metalúrgica, biomedicina hasta la odontología por ejemplo.

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 28

Clasificación

Los materiales cerámicos utilizados para aplicaciones en ingeniería pueden clasificarse

en dos grupos:

 Cerámicos tradicionales: constituidos por tres componentes básicos: arcilla,

sílice y feldespato. Las arcillas en los cerámicos se pueden trabajar antes de que

el material se endurezca por el fuego y constituyen el cuerpo principal del

material. La sílice o cuarzo funde a altas temperaturas y es el componente

refractario de los materiales cerámicos tradicionales. El feldespato potásico,

funde a bajas temperaturas y se transforma en vidrio cuando la mezcla cerámica

se somete a alta temperatura, y une los componentes refractarios.

Se usan para hacer ladrillos para la construcción, tejas, cerámicos para pisos y

revestimientos de paredes, porcelanatos, usándose en estos casos arcilla natural

que contiene los tres componentes básicos en forma aleatoria; mientras que los

productos de cerámica fina como la porcelana eléctrica, porcelana china, y

artículos de sanidad están formados a partir de arcilla, sílice y feldespato pero

con composición controlada.

 Cerámicos de ingeniería: en contraste con los cerámicos tradicionales las

cerámicas técnicas o de ingeniería están constituidas principalmente de

compuestos puros o casi puros, principalmente óxidos, carburos o nitruros. En

general son tenaces y tienen alta resistencia mecánica, se han desarrollado para

satisfacer los requerimientos de los vehículos, y con fines militares (blindajes).

Por ser muy duros se usan como elementos de corte (discos de las amoladoras

para cortar metales, porcelanatos, losas de hormigón) y además para elaborar

refractarios, aplicaciones eléctricas de alta calidad donde se precisan bajas

pérdidas dieléctricas y alta resistividad, y vidrios especiales.

Vidrios:

Un tratamiento especial daremos a los vidrios ya que tienen propiedades especiales no

encontradas en otros materiales de ingeniería. La combinación de transparencia y

dureza a temperatura ambiente y una excelente resistencia a la corrosión en la mayoría

de los ambientes hacen al vidrio indispensable para muchas aplicaciones de ingeniería

tales como construcción, vidriado de vehículos, en la industria eléctrica y electrónica, y

en laboratorios o industria química.

El vidrio es un material cerámico obtenido a partir de materiales inorgánicos a altas

temperaturas. Se distingue de otros cerámicos en que sus constituyentes son

calentados hasta la fusión y después enfriados hasta un estado rígido sin cristalización.

Estructura de los vidrios:

El vidrio en sus orígenes era fabricado sólo con arcillas, hoy en día se agregan otros

elementos que permiten obtener las distintas variedades de vidrios, según las

necesidades. Recordando lo dicho anteriormente, las arcillas son silicoaluminatos

complejos. Un silicoaluminato es un compuesto hecho con silicio y aluminio, que se

P O L I T E C N I C O 29

forma cuando la sílice modifica su superficie por la interacción con iones aluminato,

intercambiando iones Si(OH)-4 por iones Al(OH)-4. Se pueden intercambiar unos por

otros porque son muy parecidos entre sí. Además, el silicio y el aluminio son de un

tamaño similar.

En un vidrio, los enlaces Si-O-Si no tienen una orientación determinada; la distancia de

separación entre los átomos de Si y O no es homogénea, las unidades tetraédricas no

se repiten con regularidad y el compuesto está desordenado. A esta última se le conoce

como sílice amorfa.

Representación gráfica

de las diferencias estructurales entre un cristal (a) y un vidrio (b)

También existen dentro de la materia prima de los vidrios, sílices cristalinas como el

cuarzo.

La adición de otros óxidos como Na2O y CaO modifica la red de la sílice para producir

un vidrio más manejable (se denominan modificadores de vidrios). Algunos otros óxidos

no pueden formar vidrios por sí mismos, pero pueden incorporarse a una red existente.

Los óxidos intermedios son adicionados al vidrio de sílice para obtener propiedades

especiales, por ejemplo, los vidrios de aluminosilicato pueden resistir mayores

temperaturas.

Así de acuerdo con lo que agreguemos a la estructura original tendremos por ejemplo:

- Vidrios sodo-cálcicos: son usados para vidrios planos, objetos prensados y

soplados, y productos ligeros para los que no se precise una alta durabilidad

química y una alta resistencia al calor.

- Vidrios de borosilicato: se usan para equipos de laboratorio, tuberías, hornos y

faros de lámparas reflectoras, ya que son virios de baja expansión.

- Vidrios al plomo: son de baja fusión y se usan para soldar vidrios de cierre

hermético. Los de alto contenido en plomo son usados también para proteger de

la radiación de alta energía y encuentran aplicación para ventanas de radiación,

carcazas de lámparas fluorescentes y lámparas de televisión. Por sus altos

índices de refracción, se emplean para algunos vidrios ópticos y para vidrios

decorativos (son los que se conocen como cristales)

Algunos vidrios especiales (aplicaciones y usos):

A lo largo del desarrollo del tema, se han ido mencionando distintos tipos de vidrios que

pueden lograrse a través de agregado de diversos componentes o mediante procesos

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 30

de acuerdo con las necesidades. Mencionaremos a continuación algunos de los más

importantes:

Vidrios de seguridad: son aquellos vidrios procesados que en caso de rotura no tienen

potencial para producir heridas cortantes serias a las personas. Según el tipo presentan

distintas propiedades y características de fractura. Podemos encontrar:

Vidrio armado con alambre: en caso de rotura la malla de alambre insertado en la masa

del vidrio actúa como elemento de retención de los trozos de vidrio rotos, impidiendo

temporariamente su caída.

Vidrio templado: con propiedades estructurales y una resistencia mecánica 4 o 5 veces

mayor que el vidrio común, como ya se explicó antes, es térmicamente procesado y en

caso de rotura se fragmenta totalmente en pequeños trozos, sin aristas cortantes. Roto,

el paño pierde capacidad portante e integridad como cerramiento.

Vidrio laminado: es considerado el vidrio de seguridad y protección por excelencia.

Brinda seguridad a las personas y protección ante intentos de robo y vandalismo (se

usan para blindajes, ya que son antibalas si se les da el espesor adecuado), impidiendo

el ingreso fácil a una propiedad por rotura de vidrios en puertas o ventanas. Está

compuesto por dos hojas de float unidas íntimamente mediante la interposición de una o

más láminas de polivinil de butiral (PVB), aplicadas con calor y presión en un autoclave.

Este vidrio puede realizarse combinando láminas de vidrios de color y/o reflectivos para

satisfacer requerimientos de control solar, también pueden realizarse resistentes contra

el fuego lográndose satisfacer estabilidad e integridad en la abertura durante un tiempo

especificado.

Tanto el vidrio laminado como el templado son usados en los vehículos, recordando que

en el caso de usar el primero alguna abertura debe realizarse con el templado para

permitir el escape en caso de siniestro.

Espejo: es considerado el vidrio decorativo por excelencia. Es manufacturado con un

vidrio plano, libre de distorsión, sometido a un intenso proceso de lavado con agua

caliente desmineralizada, luego tiene una solución sensibilizante para brindar una mejor

adherencia del revestimiento de plata al vidrio. Encima hay una capa reflectante del

espejo que es de plata metálica, luego una solución de cobre que actúa como capa de

protección del revestimiento de plata, le sigue una capa de pintura anticorrosivo, cuya

función es proteger las películas de plata y cobre y una segunda capa de pintura de

protección con una mayor resistencia mecánica al rayado e inhibe la acción de la

humedad en el espejo.

Vidrio para espejos de vigilancia: es un vidrio reflectivo especialmente diseñado para

satisfacer el requerimiento de una observación discreta sin que el observador sea

percibido. Se emplea para vigilancia en locales comerciales, investigación y diagnóstico

médico y en todas aquellas áreas donde se requiera visión unidireccional. En un local

bien iluminado se comporta como espejo y del lado del observador tiene el aspecto de

un vidrio gris coloreado en la masa.

P O L I T E C N I C O 31

Vidrio curvado: se obtiene mediante el calentamiento del cristal plano hasta su punto de

plasticidad, que por consecuencia de su propio peso hará que se adapte y tome la

forma de un molde. El proceso concluye una vez enfriado el mismo en forma lenta para

no alterar su estructura molecular. Puede realizarse también con vidrios laminados

combinándose con distintos tipos de cristales para obtener propiedades especiales

según los casos.

2.7. Materiales Compuestos:

Están constituidos por dos o más materiales que conservan sus propiedades resultando

el nuevo compuesto con propiedades distintas a la de cada uno de ellos. Los materiales

constituyentes son insolubles entre sí. La elevada relación resistencia – peso los vuelve

sumamente atractivos en numerosas aplicaciones (algunos tienen una resistencia y

rigidez similar a la de los aceros pero con una densidad mucho menor y por lo tanto

menor peso general del producto terminado). Tienen muchísimas aplicaciones por

nombrar algunas podemos decir que se usan en la carrocería de los autos de F1, palos

de hockey, cascos de embarcaciones, chalecos antibalas y fundamentalmente en la

construcción.

Los materiales compuestos pueden ser naturales o artificiales.

Los naturales pueden ser: madera, bambú, músculos.

Los sintéticos o artificiales están elaborados por el hombre para lograr determinadas

propiedades por ejemplo el plástico reforzado con fibras, el hormigón armado, el asfalto,

etc.

Se hallan constituidos por dos fases:

 Primaria o Matriz: es la fase dentro de la cual se incorpora el refuezo. Puede ser

polimérica, cerámica o metálica. Sus principales funciones son: suministrar la

forma al producto, mantener en su lugar al refuerzo, protegerlo y compartir con él

la carga aplicada.

 Secundaria o Refuerzo: como su nombre lo indica refuerza la fase primaria.

Puede ser metálica, polimérica, cerámica, o elementos como el boro o el carbono.

Se puede presentar en forma de partículas, hojuelas o fibras. A su vez las fibras

pueden ser de vidrio, de carbono o de aramidas.

Asfalto

El asfalto es un betún (básicamente un hidrocarburo con algo de azufre, oxígeno y otras

impurezas), y tiene las características mecánicas de un material polimérico

termoplástico. Es un material negro y pegajoso. Muchas veces se lo confunde con el

alquitrán de hulla o la brea, pero el alquitrán de hulla proviene del carbón.

El asfalto es una sustancia sólida o semisólida. Se mezcla con solventes para volverlo

más líquido y fácil de trabajar. Algunos de los solventes usados son la nafta y el tolueno

(estos solventes son altamente inflamables).

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 32

Se usa principalmente como aglutinante bituminoso con agregados formando la mezcla

asfáltica y así es utilizado para pavimentar, para la impermeabilización de techos, y en

algunos adhesivos.

En muchas aplicaciones, el asfalto es calentado hasta hacerse lo suficientemente fluido

para cada aplicación particular. La aplicación se llevará a cabo a la mínima temperatura

posible.

El asfalto tiene una baja conductividad y es en consecuencia un buen material aislante.

Es considerado con alta y buena resistencia al ataque a los químicos y dicha

resistencia se incrementa con la dureza del asfalto. El ataque químico es peor cuando

se incrementa la temperatura y es más severo cuando se encuentra inmerso en un

químico líquido que si el ataque es en forma de vapor o gas.

Es un material altamente inflamable tal como indica su punto de inflamación el cuál es

usualmente por encima de los 200ºC.

Mezclas asfálticas:

Las mezclas asfálticas más estables están constituidas por un agregado pétreo con el

asfalto suficiente para revestir las partículas del agregado. Si el contenido de asfalto se

hace demasiado alto durante el tiempo caluroso, puede concentrarse en la superficie de

la carretera y reducir la resistencia al deslizamiento. Los agregados de difícil pulido y

fácil trabazón producen mejor resistencia al deslizamiento que los agregados blandos y

de fácil pulido. Adicionalmente los agregados se deberían unir bien con el asfalto para

evitar separaciones.

Por la temperatura de la puesta en obra, las mezclas asfálticas se suelen clasificar en:

Mezclas asfálticas en caliente: su proceso de fabricación consiste en calentar el ligante y

los agregados, la puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la

ambiente. Se usan en la construcción de carreteras y de aeropuertos.

Mezclas asfálticas en frío: son realizadas con emulsiones asfálticas y su principal

aplicación es en la realización y reparación de carreteras secundarias. Se caracterizan

por su trabajabilidad tras su fabricación incluso durante varias semanas.

Madera:

La madera es un material compuesto natural que está formada por una disposición

compleja de células de celulosa (polímero termoplástico natural) que forman fibras

largas y estas están recubiertas con lignina, que es un aglutinante orgánico de bajo peso

molecular cuya función es unir los diversos constituyentes de la madera.

La proporción aproximada de las diversas materias que la componen es la siguiente:

50% celulosa, 30% lignina, 20% resina, almidón, tanino y azúcar.

Por ser un producto natural con una estructura compleja no puede esperarse que posea

las propiedades de un producto homogéneo. Su resistencia es altamente anisotrópica,

siendo su resistencia a tracción mucho mayor en el sentido paralelo a las fibras.

P O L I T E C N I C O 33

Estructura de la madera:

Examinando la sección transversal de dentro hacia fuera de un árbol se distinguen cinco

partes, que son:

 Meollo o médula: capa esponjosa que constituye el corazón del árbol.

 Duramen o madera propiamente dicha: está constituido por tejidos que han

llegado a su máximo desarrollo y resistencia.

 Albura o madera joven: rodea a la masa de madera perfecta, estando en período

de elaboración es menos dura y coloreada que el duramen.

 Líber: película muy delgada que envuelve a la albura y sirve para la conducción

de la savia descendente.

 Corteza: tejido impermeable que recubre el líber y sirve de protección a la planta.

Propiedades físicas de la madera:

Es de gran importancia conocer las propiedades de las maderas sanas, pues de ello

depende la elección de una clase u otra.

 Hendibilidad: facilidad que tiene la madera de partirse en el sentido de las fibras.

 Dureza: representa la mayor o menor dificultad puesta por la madera a la

penetración de otro cuerpo. Las maderas verdes son más blandas que las secas.

Las duras son más apreciadas. Según su dureza las maderas argentinas se

clasifican en:

 Muy duras (más de 10 unidades Brinnel, ej. Quebracho Colorado,

Urunday)

 Duras (entre 7 y 10 unidades Brinnel, ej. Viraró, Quebracho Blanco)

 Semiduras (entre 4 y 7 unidades Brinnel, ej. Virapitá, Petiribí)

 Blandas (dureza Brinnel menor de 4, ej. Pino Misionero, Pino Neuquén)

 Flexibilidad: propiedad de poderse doblar o ser curvadas en sentido de su

longitud sin romperse.

 Plasticidad: propiedad de dejarse modelar. Interesa en la reproducción de piezas

en relieve.

 Higroscopicidad: la madera es notablemente higroscópica, es decir, que absorbe

o desprende humedad, según el medio ambiente en que está situada. La

variación de esta cantidad de agua lleva consigo la variación del peso y volumen

de la madera. La madera conserva normalmente de un 15 a un 20% de agua; por

evaporación las células disminuyen de volumen, y la madera experimenta

contracción, en cambio cuando el grado de humedad de la madera es inferior al

del ambiente, la madera absorbe agua, entonces las células aumentan de

volumen y la madera se hincha. Se puede afirmar que transcurrido un tiempo se

establece siempre un equilibrio entre la humedad contenida en el aire que rodea

la madera y el grado de humedad de esta última. Cuando se llega a ese estado

se dice que se ha alcanzado el equilibrio higroscópico y el grado de humedad

adquirido entonces por la madera, se llama humedad límite de la misma. Si

pretendemos evitar que la madera se hinche, o se contraiga lo menos posible,

será preciso proceder a secarla hasta que adquiera el grado de humedad más

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 34

próximo a aquel límite previsto, el cuál dependerá de las condiciones

meteorológicas reinantes en el lugar donde ha de emplearse esa madera. Secarla

más sería un trabajo inútil, aumentando el costo de operación y el de la madera,

sin utilidad, ya que al cabo de cierto tiempo se habrá humedecido de nuevo y por

lo tanto se habrá hinchado al adquirir la humedad límite que le corresponde. Si

por el contrario, la humedad límite no se alcanzase continuaría secándose hasta

adquirirla, con la correspondiente contracción. El conocimiento de la humedad

límite sirve para conocer cuando una operación de secado finalizó, evitando su

prolongación o que se dé por terminada antes. Hay tres formas de realizar el

secado: natural, natural acelerado, artificial. El natural es el de mejores resultados

pero tiene el inconveniente de exigir mucho tiempo, movilizando capitales

importantes y requerir mucho espacio (por esta razón las maderas secadas en

forma natural son las más caras). Tarda entre 3 y 6 años en secarse. El secado

artificial se realiza en hornos, tiene la ventaja de ser rápido y matar insectos y

gusanos, pero puede endurecer las capas exteriores de los tejidos, produciendo

deformaciones en las tablas (debido a que la contracción no se verifica

uniformemente ya que la humedad varía a lo largo del tronco y por ser la periferia

más porosa razón por la cuál se contrae más); además exige instalaciones

costosas. (En general se considera que una madera está comercialmente seca

cuando su contenido de humedad está entre el 13 y el 15%)

 Homogeneidad: una madera es homogénea, cuando su estructura y la

composición de sus fibras resulta uniforme en cada una de sus partes. Esto en la

realidad es prácticamente imposible ya que por tratarse de un elemento orgánico

es susceptible de muchos defectos, siendo de particular importancia la presencia

de nudos que pueden desprenderse produciéndose lugares de debilidad en la

madera. Además también puede ser atacada por seres que viven a sus

expensas, y por ello sufrir serios defectos que llevarán a que sean desechadas

para usos industriales o en la construcción.

 Color, veteado, olor: cambian de una especie a otra. En general las maderas

duras tienen un color más oscuro o intenso, las blandas tienen colores más

claros.

Propiedades mecánicas de las maderas:

Las propiedades mecánicas de las maderas dependen principalmente del grado de

humedad que contengan y de su peso específico (cuanto más densa es la madera, más

fuerte y dura es). Básicamente podemos decir que según la especie de la que se trate

trabajará mejor o peor a los esfuerzos a los que se encuentre sometida y en función a

esto se seleccionará la madera a utilizar.

Además como las fibras constituyen el elemento resistente de la madera, la resistencia a

los distintos tipos de esfuerzos se obtiene aplicando los esfuerzos en dirección paralela

a las fibras y en dirección perpendicular a las fibras, obteniéndose en cada caso

resistencias distintas. También se debe tener en cuenta que por ser la madera un

elemento orgánico se usa coeficientes de seguridad muy grandes (alrededor de 10).

P O L I T E C N I C O 35

Propiedades especiales:

 Conductibilidad: la madera seca es mala conductora del calor y de la electricidad,

pero la húmeda, se hace conductora. Las pesadas son más conductoras que las

ligeras o porosas. Por eso el corcho es un gran aislante.

 Inflamación y combustión: esta puede ser una cualidad para aquellas maderas

que son usadas para pirograbados, pero para las maderas usadas en

construcción y decoración es un defecto.

 Acústica: algunas maderas por su constitución refuerzan y transmiten los sonidos,

y se empelan en la construcción de cajas de resonancia de los instrumentos

musicales. También se usan para el aislamiento acústico, es decir, para impedir o

dificultar el paso del ruido o sonido. La madera más empleada para esto es el

pino.

Conservación y preservación de la madera:

Las maderas una vez apeadas, se pudren bajo la influencia de los agentes atmosféricos,

las alternativas de sequedad y humedad, y el ataque de organismos vegetales y

animales. Por esto la madera se conservará más cuanto se procure que todos estos

elementos nocivos no se propaguen ni se desarrollen a sus expensas. Se debe recordar

también que la savia, que encierra materias solubles susceptibles de fermentar, es una

de las causas principales del deterioro de las maderas, por eso será preciso expulsarla o

hacerla inofensiva.

A pesar de todas las precauciones, y cuando las maderas hayan de permanecer bajo

tierra, agua, o expuestas a la acción del sol o la lluvia, será necesario recurrir al empleo

de diversas sustancias antisépticas para protegerlas de la putrefacción y del ataque de

los rayos UV. Esta protección es la menos duradera, ya que protege superficialmente y

es necesario renovarla de vez en cuando.

La preservación o inmunización de la madera tiene por objeto modificar la composición

química de este material, haciéndolo no apetecible a los organismos biológicos. El

efecto protector se consigue tornando a la madera venenosa o repelente a los

elementos biológicos que la atacarían si no estuviera preservada. Pueden ser

compuestos químicos puros o mezclas de compuestos pero no deben tener un olor muy

fuerte principalmente si hay que emplearla en el interior y además no deben modificar el

color natural de la madera. Los preservadores y curadores protegen integralmente a las

maderas por su acción insecticida, fungicida e hidrorrepelente.

En nuestro país se comercializan maderas llamadas impregnadas: dentro de un cilindro

herméticamente cerrado y bajo condiciones de presión los preservantes (sales de

cromo, cobre y arsénico) son inyectados dentro de las células de la madera a presión,

una reacción química combina los preservantes y las fibras de la madera para formar un

compuesto indisoluble. Una vez que la madera se saca del cilindro presurizado, la

fijación química se lleva a cabo durante el proceso de secado, incorporando

permanentemente el preservante dentro de la madera. Este tratamiento es

ambientalmente seguro debido a que los componentes de la solución son fijados a la

madera en estado insoluble.

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 36

Productos derivados de la madera:

 Madera laminada: es un tipo de madera que se construye empalmando tablas por

sus extremos hasta configurar el largo que se desea obtener, luego estas se

pegan por sus caras constituyendo así una pieza de madera con características

especiales. Su fabricación requiere procedimientos específicos exigiéndose al

fabricante controles de humedad de las tablas a usar, resistencia de las juntas,

temperatura y humedad del taller de encolado, y temperatura de curado. Las

vigas laminadas tienen gran estabilidad dimensional porque prácticamente no se

producen deformaciones, como sucede en una madera maciza. Permite l a

utilización de especies implantadas en lugar de maderas nativas. Posibilita la

producción de grandes piezas, tanto en sección como en largo, además pueden

ser curvas o rectas. A igual sección la madera laminada es más confiable porque

evita la incidencia de las fallas que pueden tener las maderas macizas. Los

espesores de las tablas varían entre 20 y 45mm aunque en la actualidad también

pueden hacerse con espesores de 3mm aproximadamente. El secado de las

tablas tiene relación con el adhesivo a emplear, ya que algunos exigen menores

porcentajes de humedad. La unión de tablas de una capa con la siguiente no

debe coincidir, sino que debe respetarse una distancia mínima que debe haber

entre las uniones de dos capas seguidas en función de la sección de la viga. Una

vez cepilladas las capas se procede al encolado de cada una de las caras de las

tablas que componen la viga. Esta se coloca inmediatamente en la prensa, ya

que los adhesivos tienen un tiempo de fraguado y si se excede ya no se producirá

la unión entre las tablas, la presión debe mantenerse hasta que haya fraguado

totalmente el adhesivo. El prensado se realiza en un espacio cerrado con

condiciones de temperatura y humedad controladas. Los adhesivos usados son

los ureicos y todos endurecen por la presencia de un catalizador. No se admite el

uso de adhesivos vinílicos cuando la madera es usada para uso estructural. En

otros países se usan adhesivos de un solo componente, como el poliuretano

líquido que polimeriza en presencia de humedad y tiene un bajo impacto

medioambiental.

 Paneles: básicamente se pueden diferencias dos grupos, los de madera sólida y

los reconstituidos. Los de madera sólida pueden ser de tablas o tirantes, de

láminas cruzadas o de láminas paralelas. Los reconstituidos pueden ser de fibras,

de partículas o de virutas.

 Paneles compensados: compuestos por láminas de madera de distintos

espesores, colocadas una sobre otra perpendicularmente, según la

dirección de la veta, unidas con un adhesivo y prensadas en caliente. Al

cruzar las láminas se obtiene gran resistencia en ambas direcciones y

mayor estabilidad dimensional, y si se usan colas fenólicas se puede lograr

buena resistencia a la humedad.

 Tableros alistonados: se unen lateralmente listones mediante resinas

especiales. Se producen en varios espesores y a su vez con listones de

diferentes anchos. Se realizan en distintos tipos de maderas.

 Tableros de virutas: el más adecuado para uso estructural es el OSB que

es un panel compuesto de tiras, o virutas de madera orientadas en forma

P O L I T E C N I C O 37

cruzadas, lo que aumenta su resistencia mecánica y rigidez. Estas tiras se

unen mediante adhesivos y la aplicación de presión y temperatura.

 Tableros de partículas: (aglomerados) se producen a partir del prensado

en caliente de madera desmenuzada en pequeñas partículas (astillas)

empleando un adhesivo. En general están compuestos de tres capas: una

más gruesa en el centro y dos externas más finas.

 Tableros de fibra: la madera se desmenuza a tamaño de fibra, mucho más

pequeño que la astilla o partícula, por lo que en las caras y en el canto no

se llegan a diferenciar elementos como en los otros casos. Existen dos

grandes tipos: de alta densidad (HDF) y los de mediana densidad (MDF).

En los HDF las fibras se unen mediante presión y temperatura

aprovechando la capacidad ligante de la lignina natural de la madera, al

calentarse, se plastifica y al enfriarse une las fibras, no lleva adhesivo. En

cambio en los MDF a la fibra se le agrega adhesivos, para luego con

presión y temperatura obtener la placa. Ambos tableros se usan para

cerramientos, decoración, muebles y poca aplicación estructural.

Hormigón:

El hormigón es un material compuesto básicamente por elementos de comportamientos

bien diferenciados:

 Los agregados (refuerzo) conforman el esqueleto granular del hormigón y son el

elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total, por lo que son

responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son

generalmente inertes y estables en sus dimensiones.

 La pasta cementicia (mezcla de cemento y agua): es la matriz que une los

elementos del esqueleto granular entre sí. Es el material activo dentro de la masa

de hormigón y como tal es en gran medida responsable de la resistencia,

variaciones volumétricas y durabilidad del hormigón.

Cada elemento tiene su rol dentro de la masa del hormigón y su proporción en la mezcla

es clave para lograr las propiedades deseadas, esto es: trabajabilidad, resistencia,

durabilidad y economía.

Constituyentes del Hormigón:

El cemento:

El cemento es un ligante hidráulico, o sea una sustancia que mezclada con el agua, está

en condiciones de endurecer ya sea al aire, como debajo del agua.

Agua de amasado:

Se entiende por agua de amasado la cantidad de agua total contenida en el hormigón

fresco. Está compuesta por:

 Agua agregada a la mezcla

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 38

 Humedad superficial de los agregados

 Agua proveniente de los aditivos

El agua de amasado cumple una doble función en la tecnología del hormigón: por un

lado permite la hidratación del cemento y por el otro es indispensable para asegurar la

trabajabilidad y la buena compactación del hormigón. En general puede usarse todas las

aguas naturales, siempre que no sean demasiado sucias. El contenido en materias

perjudiciales del agua de amasado es por lo general suficientemente escaso para no

perjudicar el hormigón fabricado con ella. Sin embargo la misma agua usada en el

amasado (por ejemplo el agua freática con pequeñas cantidades de sales de azufre)

puede llegar a destruir un hormigón ya fraguado al actuar de una forma permanente. Las

aguas que contengan cloruros en disolución y el agua de mar no deben usarse para el

amasado del hormigón. Las normas IRAM especifican los requisitos físicos y químicos

que debe cumplir el agua de amasado.

Agregados:

Generalmente se entiende por agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría

variable. Básicamente podemos decir que los agregados se dividen en gruesos y finos;

el tamiz que separa un agregado grueso de un fino es el de 4,75mm. Es decir que todo

agregado menor a 4,75mm es un agregado fino (arena).

Dijimos que el esqueleto granular del hormigón está formado por los agregados que son

elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementicia y además

económicos. Por lo tanto conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para

lograr un hormigón resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea

económico. Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la

trabajabilidad del hormigón. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla

se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a

separarse del mortero (se dice que el hormigón el áspero, pedregoso, poco dócil).

En el hormigón fresco, es decir, recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la

pasta cementicia tiene la función de lubricar las partículas de agregado, permitiendo la

movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino (arena). La

arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena

trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque

perjudicará las resistencias.

Se denomina granulometría a la distribución por tamaños de las partículas que

constituyen un agregado, y se expresa como el porcentaje en peso de cada tamaño con

respecto al peso total. La importancia de la granulometría de los agregados totales en el

hormigón se debe a que por razones de economía, mayor resistencia y mayor

estabilidad volumétrica, conviene que los agregados ocupen la mayor masa del

hormigón compatible con la trabajabilidad. Esto se logra tratando que la cantidad de

huecos dejada por los agregados sea mínima, o sea lograr la máxima compacidad. El

tener una distribución por tamaños adecuada, hace que los huecos dejados por las

piedras más grandes sean ocupados por las del tamaño siguiente y así sucesivamente

hasta llegar a la arena, donde sus diferentes tamaños de granos harán lo propio. Para

esto las granulometrías deben ser continuas, es decir que no falte ningún tamaño

P O L I T E C N I C O 39

intermedio de partícula. La pasta cementicia debe recubrir todas las partículas de

agregado para lubricarlas, cuando el hormigón está fresco y para unirlas, cuando ha

endurecido. Por lo tanto, cuanto mayor sea la superficie de los agregados mayor será la

cantidad de pasta necesaria.

Por último también debe tenerse en cuenta el contenido de finos o polvo, o sea la

suciedad que presentan los agregados. Este contenido es importante porque a mayor

suciedad habrá mayor demanda de agua, ya que aumenta la superficie a mojar y por lo

tanto también aumentará el contenido de cemento si se quiere mantener constante la

relación agua/cemento. Por otro lado si el polvo está firmemente adherido a los

agregados, impide una buena unión con la pasta y por lo tanto la interfase morteroagregado será una zona débil por donde se puede originar la rotura del hormigón.

Aditivos:

Son sustancias que se agregan para modificar características del hormigón fresco, del

endurecido, el fraguado, la trabajabilidad y el endurecimiento. Su uso se justifica por

razones técnicas y económicas. Determinadas características no se pueden lograr sin el

agregado de ellos. Pueden contribuir a disminuir el costo de la mano de obra y de los

materiales, permiten ahorro de energía y facilitan la colocación del hormigón. Son

agregados generalmente en forma líquida en pequeñas proporciones en el momento del

mezclado.

Los principales tipos de aditivos son:

 Fluidificantes y superfluidificantes: son los más usados. Mejoran la trabajabilidad,

permiten reducir la cantidad de agua necesaria aumentando la resistencia y la

impermeabilidad.

 Incorporadores de aire: su rol es introducir en el hormigón millones de pequeñas

burbujas de aire (con diámetros entre 50 y 300), mejorando de esta forma la

resistencia al hielo y a las sales anticongelantes. Se obtiene además el

mejoramiento de la trabajabilidad y disminución de la segregación.

 Retardadores: retardan el inicio del fraguado de la pasta de cemento y prolongan

el intervalo que se dispone hasta su uso. Se usan generalmente para

hormigonado a temperaturas elevadas, transporte a larga distancia, hormigonado

de grandes volúmenes o superficies extensas, cuando se quiere atenuar la

liberación de calor derivado de la hidratación en el hormigón. Un hormigón con

retardante endurece más lentamente en la fase inicial pero desarrolla resistencias

después de 28 días levemente más elevadas que el hormigón convencional.

 Acelerantes: los acelerantes y anticongelantes aceleran el inicio del fraguado y

liberan más rápidamente el calor de hidratación. La mayor parte de ellos acelera

también el endurecimiento, permitiendo desencofrar, someter a cargas o exponer

el hormigón al hielo dentro de un intervalo de tiempo bastante más corto. Se usan

para hormigonados a bajas temperaturas, intervalo de desencofrado muy corto,

hormigonado en contacto con aguas en escurrimiento, anclajes, trabajos de

reparación, impermeabilización rápida de infiltraciones de agua.

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 40

Propiedades:

Uno de los factores que tiene gran influencia en el conjunto de propiedades del

hormigón es la relación agua/cemento. Sabiendo las propiedades que se deben obtener

del hormigón el ingeniero establece la relación A/C, sin embargo como en la práctica es

relativamente difícil medir con presición el contenido de agua, es común hacer

referencia a la medida de consistencia (que está en estrecha relación con el contenido

de agua). La elección de la relación A/C depende principalmente de la agresividad del

ambiente al que estará expuesto el hormigón y de los requisitos mecánicos que el

hormigón endurecido debe satisfacer (la práctica muestra que la relación A/C no debe

ser menor al 45% para tener una trabajabilidad normal).

Una buena trabajabilidad facilita el transporte y el uso del hormigón, o sea la colocación

en los encofrados y la compactación, y ésta influye además favorablemente en el costo

de estas operaciones.

Una vez vertido el hormigón en los moldes o encofrados comienza el fraguado que es la

consecuencia de la progresiva combinación química del agua y el cemento o sea la

hidratación que empieza inmediatamente después de producirse el contacto del

cemento con el agua de amasado.

El fraguado consiste en el endurecimiento progresivo de la masa, que va perdiendo

gradualmente plasticidad, manteniendo su homogeneidad y después de unas horas la

masa comienza su endurecimiento. El tiempo de fraguado depende de la clase y calidad

del cemento, de la dosificación de sus componentes y del medio en que se desarrolle.

Debido a las reacciones químicas que se producen en el curso de la hidratación del

cemento se libera cierta cantidad de calor, que origina un aumento de temperatura que

se desarrolla dentro de la masa en función de las dimensiones del elemento (en grandes

presas por ejemplo, las temperaturas en las zonas centrales son bastantes mayores que

en las superficies).

Cuando el hormigón ha endurecido su resistencia y sobre todo su durabilidad, dependen

directamente de una buena preparación, de un desencofrado perfecto y de una

compactación adecuada, operaciones que pueden llevarse a cabo sólo si la

trabajabilidad es la adecuada. La trabajabilidad disminuye luego de terminada la fase de

mezclado y esto es más notorio en presencia de condiciones atmosféricas

particularmente calurosas como también cuando se trabaja con cemento de fraguado

rápido. Por esta razón el hormigón elaborado debe ser transportado lo más velozmente

posible desde la hormigonera a la obra y debe ser usado rápidamente para poder

conservar su calidad.

Para lograr las propiedades adecuadas será necesario también una adecuada

compactación del hormigón, ya que ésta brindará elevada impermeabilidad, mejor

durabilidad, elevada resistencia a la compresión y mejor adherencia con el acero en el

caso de hormigón armado. La compactación puede hacerse con vibradores externos o

internos. La vibración hace que los granos de los agregados se acerquen entre sí, el aire

suba a la superficie y los vacíos se rellenen con la pasta de cemento. A pesar de esto en

el interior queda aire que se denomina aire ocluido (1,5% del volumen de hormigón).

P O L I T E C N I C O 41

Característica reológicas del hormigón:

Las deformaciones que se producen en el hormigón no sólo dependen de las cargas

externas sino que existen deformaciones independientes de ellas y que carecen de

dirección y por esto se llaman en general cambios de volumen. Las causas son:

 Retracción por fraguado: el hormigón al aire libre al secarse, pierde en parte el

agua no ligada químicamente (libre) y con ello se produce una disminución de

volumen que se llama retracción. Si en cambio se coloca el cuerpo en agua,

absorbe agua adicional y muestra un aumento de volumen que se llama

hinchamiento.

 Cambios volumétricos debidos a la variación de temperatura: Hay que distinguir

entre la influencia del calor de fraguado y la de la variación de temperatura

producida por influencias externas. El calor de fraguado produce un aumento de

la temperatura en el hormigón fresco, que crece al mejorar la calidad del

cemento, al aumentar el contenido en cemento y reducirse la relación entre la

superficie y el volumen que se enfrían. En la práctica se trata de mantener

pequeño el aumento de la temperatura debido al calor de fraguado. Es mucho

más importante la deformación generada en el hormigón fraguado por

variaciones de temperaturas producidas por influencia externa.

En general no se pueden separar las distintas clases de deformaciones, razón por lo

cual los ensayos necesarios para su determinación se han de proyectar con mucho

cuidado y ejecutar en lugares de atmósfera controlada, comparando el comportamiento

de las probetas cargadas y sin cargar.

Una de las características más importante del hormigón es que va alcanzando su

resistencia en forma lenta a medida que va endureciendo, llegando a su valor máximo

alrededor de los 28 días (en realidad la resistencia sigue creciendo, pero cada vez más

lentamente, por tiempo indefinido). Uno de los mayores peligros para el hormigón fresco

es la deshidratación precoz: ésta se inicia en superficie y se propaga en profundidad

impidiendo una buena hidratación de la pasta de cemento, que debe poseer una

densidad elevada y una porosidad mínima sobre todo en las zonas directamente bajo la

superficie, sólo de esta forma estará en condiciones de ofrecer la resistencia necesaria a

las agresiones externas. La pérdida de agua prematura en superficie es muy grave ya

que puede producir aparición de importantes fisuras de contracción plástica, pérdida de

resistencia, tendencia al desarenado de la superficie, reducción de la impermeabilidad y

de la durabilidad, disminución de la resistencia al desgaste.

Se entiende por curado al conjunto de medidas que tienen la función de proteger el

hormigón desde el momento de la colocación hasta el desarrollo de resistencias

suficientes mejorando así la calidad. El curado debe proteger al hormigón de la

deshidratación precoz debida al viento, sol frío seco, temperaturas extremas con

grandes amplitudes térmicas y acción prematura de sustancias nocivas como aceites.

Para proteger el hormigón contra la deshidratación precoz se puede retardar el

desencofrado, cubrir con láminas plásticas, con paños aislantes, con yute o paños

geotextiles, rociar con agua permanentemente, conservar los elementos de hormigón

bajo agua o rociar con algún agente protector líquido. El curado del hormigón es

especialmente importante cuando el hormigonado debe realizarse a elevadas

temperaturas ambientes (mayores de 30ªC producen resistencias menores a largo

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 42

plazo). Por otro lado también el frío excesivo es perjudicial, ya que ni bien la temperatura

del hormigón desciende por debajo de los 0ªC el desarrollo de las resistencias es casi

nulo. Si el agua contenida en el hormigón joven se congela, ésta puede causar

deformación o la disgregación y la rotura de la matriz. Si la temperatura ambiente está

por debajo de -3ºC es necesario tomar medidas adecuadas a los fines de que la

temperatura del hormigón sea al menos de 10ªC, éstas pueden ser: precalentar la

temperatura del agua de la mezcla y/o agregados, aumentar la dosificación del cemento

sin modificar los otros componentes de la mezcla, bajar la relación A/C agregando

superfluidificantes, agregar acelerantes de fraguado. Además en estos casos se deberá

proteger también al hormigón de la deshidratación precoz porque la temperatura muy

baja favorece la evaporación de agua, y no se deberá hormigonar sobre suelo helado y

hormigón helado.

8.6.3.3. Propiedades Mecánicas:

El verdadero comportamiento elástico del hormigón no se puede determinar fácilmente

porque se producen rápidamente deformaciones plásticas que no se pueden separar en

el ensayo. Lo que se ha podido observar es que el módulo de elasticidad crece al

aumentar la resistencia del hormigón, pero su dependencia no es muy definida, porque

el módulo depende tanto de las propiedades elásticas del cemento, como también de la

de los áridos, que influyen menos en la resistencia. Los resultados obtenidos de los

ensayos muestran que a veces se obtienen valores que pueden diferir en un 50%

respecto del valor medio. Así por ejemplo un hormigón muy blando, con áridos finos

procedentes de piedra blanca y con elevado contenido de cemento posee los valores

más bajos de módulos de elasticidad, en cambio el hormigón seco con árido grueso de

piedra dura y poco cemento posee los valores más altos.

Por otro lado la curva  ni siquiera en el caso de esfuerzo normal puede decirse que

siga una ley determinada por esta razón para los cálculos se usan diagramas

aproximados y los reglamentos establecen los valores de E a considerar según la

calidad del hormigón.

La resistencia mecánica es una de la propiedades más importantes del hormigón

endurecido, debido a que en las estructuras de hormigón, a los efectos del cálculo,

representa la capacidad de soportar los esfuerzos a que será sometido en su posición

de trabajo y a los producidos por la acción de las cargas o de los fenómenos

atmosféricos que puedan originar deformaciones. Como ya se ha dicho es función de la

relación A/C, del grado de compactación, tipo y calidad del cemento y eficiencia del

curado así como de la edad. También influyen el grado de adherencia entre la pasta

cementicia y los agregados.

Las resistencias a compresión, tracción, flexión y corte están relacionadas entre sí, si

bien la comparación generalmente se realiza siempre con la primera.

Resistencia a compresión es la de mayor importancia, pero debido a su naturaleza

variable por la incidencia de los diversos factores que intervienen en su producción los

resultados de los ensayos son generalmente dispersos. Para obtener resistencias

representativas de la calidad del hormigón, no es conveniente valerse de un solo

resultado sino de una serie, teniendo en cuenta dicha dispersión. Con el objeto de

solucionar este problema, surgió lo que se denomina “Resistencia Característica”, (en

base a estadística matemática) que tiene en cuenta no solo la media aritmética de los

resultados de los ensayos, sino también las desviaciones que se presentan. Con la

resistencia característica se obtiene una probabilidad del 95% de superar la resistencia

de rotura a la compresión a la edad del ensayo, de manera que en obra, deberá

conseguirse un hormigón de resistencia tal, que de los ensayos efectuados, una gran

parte dé como resultado la resistencia característica establecida, quedando tan sólo

unos pocos por debajo de la misma (por esta razón cuando se quiere comprobar la

calidad de un hormigón, se realizarán ensayos a distintas edades del hormigón: 7días,

14días y 28 días).

De acuerdo con estas resistencias características se clasifican los hormigones y se

define su uso.

Clase de Hormigón Usos y aplicaciones Resistencia característica

a los 28 días (Mpa)

H13 Contrapisos, veredas 13

H17 Estruc. De Hºsimple y armado

Fundaciones en medios no agresivos.

17

H21 Estruc. De Hºsimple y armado 21

H25 Est.de Hº simple y arm. Pisos indust.

Pavimentos de tránsito medio

25

H30 Est. De Hºsimp. Y arm. Pisos ind.

Pavimentos de tránsito intenso

30

H47 Est. Especiales. Edif. Gran altura 47

H60 Est. Especiales. Edif. Gran altura 60

P O L I T E C N I C O 43

Resistencia a la tracción es muy débil (1/10 a 1/20 de la resistencia a compresión),

razón por la cual en los cálculos prácticamente no se tiene en cuenta. Donde reviste

importancia es en lo relacionado con la fisuración, debido a la retracción que sufren los

elementos de hormigón armado. La resistencia a tracción depende de la adherencia de

la pasta cementicia con los áridos y de su rugosidad y forma de las partículas, por eso

los hormigones de piedra partida son más resistentes a la tracción que los de canto

rodado.

Resistencia al corte es la que opone un hormigón, cuando fuerzas exteriores tienden a

producir un deslizamiento de un lado de un elemento con respecto al resto del elemento

que se encuentra del otro lado. Esa resistencia mide la cohesión del hormigón y

depende de la calidad del hormigón, está comprendida entre 1/3 y 1/5 de la resistencia a

compresión.

Resistencia a flexión es importante cuando se proyectan pistas o pavimentos donde

este esfuerzo es fundamental y como consecuencia de esta flexión aparecen tensiones

de tracción las que a su vez tienen influencia en la figuración.

Resistencia al desgaste por rozamiento: La necesidad de producir superficies de

hormigón, que resistan el desgaste por rozamiento, se presenta generalmente cuando

deben soportar una circulación intensa como sería pavimentos, peldaños de escalera,

bordes de andenes o pisos interiores de locales industriales. Para la obtención de

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

P O L I T E C N I C O 44

resistencia al desgaste, es importante un buen recubrimiento y un encaje sólido entre los

granos, por lo que influyen la composición granulométrica y la naturaleza de los áridos

empleados. Se aconseja una relación agua/cemento baja para que el material sea lo

más compacto posible, se tratará que la cantidad de arena fina sea la menor posible y

que la cantidad de agregado grueso sea la mayor posible ya que las piedras serán las

que mayor resistencia al desgaste ofrecerán. Para mejorar la resistencia al desgaste se

aconseja realizar una capa superficial de hormigón duro que contenga limaduras de

fundición de acero o cuarzo o bien un mortero especial que contenga resina epoxi.

Resistencia al impacto: Es la capacidad del hormigón para soportar golpes y absorber la

energía producida. Tiene mucha importancia en la hinca de pilotes y en aquellos lugares

donde hay posibilidad de circulación vehicular con la consecuente probabilidad de

impacto accidental La resistencia es mayor si el agregado grueso es anguloso y de

superficie áspera. Si el módulo de elasticidad es elevado produce fragilidad mientras

que el bajo permite absorber las fuerzas del choque porque soporta mayores

deformaciones. También si el elemento se encuentra bajo agua tendrá mayor resistencia

al impacto. Se ha comprobado que cuanto mayor es la resistencia a compresión, mayor

es la resistencia al impacto (y será menor la energía absorbida por cada golpe para

causar el agrietamiento)

8.6.3.4. Otras características importantes:

Acción de los sulfatos: las aguas con sulfato de calcio y sulfatos alcalinos son agentes

agresivos para el hormigón endurecido. Cuando se prevé que los elementos estarán en

contacto con sulfatos disueltos en el agua o presentes en el subsuelo se deberán usar

hormigones muy compactos (poco porosos), limitando la relación agua/cemento a

valores menores a 0,5 y tener en cuenta que por capilaridad se puede transportar el

agua peligrosa al interior de las estructuras.

Acción de productos químicos: el hormigón puede resistir o degradarse más o menos

rápidamente a consecuencia del contacto con productos químicos. Estas agresiones son

más peligrosas en el caso de hormigón armado razón por la cuál si se preveen estos

ataques deberán usarse hormigones compactos (relación A/C baja), aumentar el

espesor del recubrimiento de la y si la agresión es ácida aplicar recubrimientos

especiales en base a resinas sintéticas.

Reacción álcali-agregado: algunos agregados producen una reacción química lenta con

las sustancias alcalinas normalmente presentes en el hormigón. Esta reacción es la

base de la expansión del hormigón y provoca una fisuración importante además de una

considerable pérdida de resistencia. Para prevenir esta reacción es conveniente usar un

hormigón muy compacto a fin de evitar la entrada de agua al interior, o usar cementos

con cantidades significativas de escoria o puzolana no alcalina.

Resistencia al fuego: El hormigón no se quema, aún expuesto a temperaturas muy

elevadas no libera ni humo ni gases tóxicos. Frena la propagación del fuego y expuesto

a las llamas se calienta muy lentamente, por lo cual constituye una excelente barrera

contra el fuego. Solamente una exposición extensa y prolongada causa un agrietamiento

del hormigón que cubre la armadura. Puede soportar temperaturas de hasta 30ºC sin

dañarse.

P O L I T E C N I C O 45

8.6.4. Hormigón armado:

Es un material compuesto donde el refuerzo está constituido por barras de acero.

Ambos materiales actúan en forma conjunto cuando se encuentran sometidos a distintos

esfuerzos.

El fundamento de su uso son las siguientes propiedades de ambos materiales:

 Elevada resistencia a compresión del hormigón y elevada resistencia a tracción

del acero. En la transmisión de esfuerzos de compresión el hormigón es

considerablemente más barato que el acero, resultando éste último tres veces

más caro que el hormigón para soportar dichos esfuerzos. En cambio, para

soportar esfuerzos de tracción la relación es exactamente inversa, es más,

debido a que el hormigón tiene muy poca resistencia a tracción, ésta es

prácticamente absorbida por las tensiones originadas en la contracción de fragüe,

razón por la cual el hormigón resultaría 10 veces más caro si se quisiera que

soportara los esfuerzos de tracción presente.

 Trabajo conjunto del hormigón y el acero asegurado por las propiedades de

adherencia de ambos materiales: para conseguir la colaboración del acero y el

hormigón, es fundamental que ambos materiales se deformen en igual grado

cuando están sometidos a esfuerzos, esto sólo ocurre cuando, gracias a la

adherencia y al rozamiento entre el acero y el hormigón, se consigue que los

esfuerzos de un material puedan ser transmitidos al otro. Esta forma de trabajo se

denomina efecto de colaboración.

 Coeficientes de dilatación térmica de ambos materiales aproximadamente

iguales: acá sólo vale acotar que el acero absorbe calor (unas 30 veces más que

el hormigón), pero esto tendría importancia en caso de incendio.

 Protección de la oxidación del acero por el hormigón que lo envuelve: la

corrosión sólo puede suceder cuando existen iones de hierro para la reacción con

hidróxido. La propiedad de la protección antioxidante del hormigón se basa en el

hecho de que puede impedir la formación de iones de hierro:

 Porque un recubrimiento de hormigón suficientemente denso y compacto

mantiene alejados los elementos agresivos del acero (protección física)

 Porque en un ambiente alcalino se forma una capa de carácter pasivo (protección

química). La alcalinidad proviene de la cal libre que se forma durante el fraguado

del cemento y que se disuelve en el agua de los poros.

8.6.5. Hormigón pretensado y post-tensionado:

La resistencia del hormigón armado puede ser mejorada posteriormente introduciendo

esfuerzos compresivos en el hormigón por pretensado o postensado utilizando como

refuerzos cables o barras de acero tensado. La ventaja del hormigón pretensado es que

los esfuerzos compresivos introducidos por los cables de acero tienen que ser

contrarrestados antes de que el hormigón sea sometido a esfuerzos de tracción.

En el hormigón pretensado el refuerzo (o tendón) se encuentra en forma de cables

trenzados a partir de alambres múltiples y es tensado entre un anclaje externo para el

tendón y un gato ajustable para aplicar la tensión. Después se vierte el hormigón sobre

los tendones que se encuentran en estado de tracción. Cuando el hormigón alcanza la

Conocimientos de Materiales

Construc. de Mad. y de Hierro

resistencia requerida, se descarga la presión del gato. Los cables de acero deberían

encogerse elásticamente, pero esto no es posible debido a que están enlazados al

hormigón. De este modo se introducen los esfuerzos compresivos en el hormigón.

En el hormigón post-tesado se colocan generalmente conductos huecos que contienen

los tendones de acero en el encofrado que va a contener al hormigón (por ejemplo una

viga), antes de verter el hormigón. Los tendones pueden ser cables trenzados, alambres

paralelos empaquetados, o barras sólidas de acero. Después se adiciona el hormigón y

cuando se encuentra suficientemente duro, se ancla cada tendón en uno de los

extremos del molde mientras se aplica tensión mediante un gato al otro extremo.