**ASIGNATURA: CIENCIA DE LOS MATERIALES**

**AÑO: 3ero CURSO DIURNO INGENIERÍA MECÁNICA.**

**PLAN DE ESTUDIO: E**

**CONTENIDOS BÁSICOS**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**TEMA II: Materiales empleados en la industria metal - mecánica moderna.**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**TEMÁTICA 2.5. Materiales no metálicos. Polímeros. Cerámicos.**

**OBJETIVOS:**

**2**

1. Caracterizar a los principales materiales no metálicos de uso más común en la industrial mecánica y de construcción de maquinarias.
2. Diferenciar el campo de empleo de los principales materiales no metálicos en dependencia de sus características de composición química.
3. Familiarizarse con los conceptos relativos a los materiales poliméricos, su estructura, reacciones de polimerización, y principales propiedades mecánicas.
4. Caracterizar las propiedades y aplicaciones teniendo en cuenta la clasificación de los polímeros
5. Nombrar las principales propiedades y aplicaciones de los materiales cerámicos teniendo en cuenta su clasificación
6. Describir las aplicaciones y métodos de elaboración de los materiales cerámicos relacionándolos con la microestructura obtenida.

**DESARROLLO**

**Introducción.**

Desde tiempos remotos, el hombre utiliza **materiales** naturales de ***procedencia inorgánica***, tales como el granito, el mármol, la mica, el asbesto, la caliza, las tobas, **los metales**; así como también materiales naturales de procedencia orgánica, por ejemplo, la madera, el carbón mineral, el grafito, los óleos naturales y otros. Ellos se emplean en todas las esferas fundamentales de la vida, en particular en la construcción: de viviendas y sobre todo en la técnica (en la fabricación de máquinas, aparatos, equipos e instalaciones industriales).

Destacan entre ellos por su diversidad y gran empleo en la industria moderna, los polímeros. Estos son compuestos orgánicos de origen natural, con enlaces covalente, en su mayoría formados por largas cadenas moleculares, por ejemplo la lana, la seda, la celulosa, etc., y se han empleado profusamente a lo largo de la historia. A finales del siglo XIX aparecen los primeros polímeros sintéticos, como por ejemplo el celuloide y la bakelita, que han trazado el camino para la obtención de numerosos compuestos artificiales que forman esta familia.

Los ***polímeros*** son compuestos orgánicos de alto peso molecular, natural o sintético formado de moléculas gigantes, cuya estructura puede representarse por una unidad pequeña repetida, el monómero (ej., polietileno, caucho, celulosa, nylon 6.6).

Esas largas cadenas son compuestas de entidades estructurales llamadas ***mer***, que en idioma griego significan parte, el termino polímetro significa muchos ***mer*** o unidades repetidas.

Los polímeros pueden ser naturales como la madera, el caucho, etc o sintéticos (PVC, poliéster, bakelita) y son el resultado de la suma o polimerización de la condensación de monómeros. Si dos o más monómeros diferentes están envueltos, un copolímetro se obtiene, de lo contrario se obtendrá un homopolímero. La gran variedad de propiedades caracteriza a este grupo de materiales lo que les hace una variante atractiva en la construcción de elementos mecánicos en la industria moderna por ejemplo, algunos polímeros son elastómeros (con alto módulo de elasticidad) o rígidos, otros pueden soportar altas temperaturas o grandes cargas unidireccionales, pero sobre todo destacan por su bajo costo.

Los primeros polímeros que se sintetizaron se obtenían a través de transformaciones de polímeros naturales. En 1839 Charles Goodyear realiza el vulcanizado del caucho. El nitrato de celulosa se sintetizó accidentalmente en el año 1846 por el químico Christian Friedrich Schönbein y en 1868, John W. Hyatt sintetizó el celuloide a partir de nitrato de celulosa.

El primer polímero totalmente sintético se obtuvo en 1909, cuando el químico belga Leo Hendrik Baekeland fabrica la baquelita a partir de formaldehído y fenol. Otros polímeros importantes se sinterizaron en años siguientes, por ejemplo el poliestireno (PS) en 1911 o el poli (cloruro de vinilo) (PVC) en 1912.

En 1922, el químico alemán Hermann Staudinger comienza a estudiar los polímeros y en 1926 expone su hipótesis de que se trata de largas cadenas de unidades pequeñas unidas por enlaces covalentes. Propuso las fórmulas estructurales del poliestireno y del polioximetileno, tal como las conocemos actualmente, como cadenas moleculares gigantes, formadas por la asociación mediante enlace covalente de ciertos grupos atómicos llamados "unidades estructurales". Este concepto se convirtió en "fundamento" de la química macromolecular sólo a partir de 1930, cuando fue aceptado ampliamente. En 1953 recibió el Premio Nobel de Química por su trabajo.

Wallace Carothers, trabajando en la empresa DuPont desde 1928, desarrolló un gran número de nuevos polímeros: poliésteres, poliamidas, neopreno, etc.

La Segunda Guerra Mundial contribuyó al avance en la investigación de polímeros. Por ejemplo, fue muy importante la sustitución del caucho natural por caucho sintético.

En los años 1950 el alemán Karl Ziegler y el italiano Giulio Natta desarrollaron los catalizadores de Ziegler-Natta y obtuvieron el Premio Nobel de Química en 1963.

Otro Premio Nobel de Química fue concedido por sus estudios de polímeros a Paul J. Flory en 1974.

En la segunda mitad del siglo XX se desarrollaron nuevos métodos de obtención, polímeros y aplicaciones. Por ejemplo, catalizadores metalocénicos, fibras de alta resistencia, polímeros conductores (en 2000 Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid y Hideki Shirakawa recibieron el Premio Nobel de Química por el desarrollo de estos polímeros), estructuras complejas de polímeros, polímeros cristales líquidos, etc.

Los enlaces de carbono en los polímeros no son equivalentes entre sí, por eso dependiendo del orden estereoquímico de los enlaces, un polímero puede ser: atáctico (sin orden), isotáctico (mismo orden), o sindiotáctico (orden alternante) a esta conformación se la llama tacticidad. Las propiedades de un polímero pueden verse modificadas severamente dependiendo de su estereoquímica.

En el caso de que el polímero provenga de un único tipo de monómero se denomina homopolímero y si proviene de varios monómeros se llama copolímero o heteropolímero. Por ejemplo, el poliestireno es un homopolímero, pues proviene de un único tipo de monómero, el estireno, mientras que si se parte de estireno y acrilonitrilo se puede obtener un copolímero de estos dos monómeros.

En los heteropolímeros los monómeros pueden distribuirse de diferentes maneras, particularmente para polímeros naturales, los monómeros pueden repetirse de forma aleatoria, informativa (como en los polipéptidos de las proteínas o en los polinucleótidos de los ácidos nucleicos) o periódica, como en el peptidoglucano o en algunos polisacáridos.

.

**1.1 Definición y tipos de polímeros.**

Muchos materiales orgánicos son formados por hidrocarburos o compuestos de carbono e hidrogeno, con enlaces intermoleculares del tipo covalente.

En química, las reacciones entre dos átomos no metales producen enlaces covalentes. Este tipo de enlace se produce cuando existe electronegatividad polar y se forma cuando la diferencia de electronegatividad no es suficientemente grande como para que se efectúe transferencia de electrones. De esta forma, los dos átomos comparten uno o más pares electrónicos en un nuevo tipo de orbital, denominado orbital molecular.

A diferencia de lo que pasa en un enlace iónico, en donde se produce la transferencia de electrones de un átomo a otro, en el enlace químico covalente, los electrones de enlace son compartidos por ambos átomos. En el enlace covalente, los dos átomos no metálicos comparten un electrón, es decir se unen por uno de sus electrones del último orbital, el cual depende del número atómico del átomo en cuestión. Cada átomo de carbono tiene cuatro electrones que pueden participar en el enlace covalente mientras que el hidrógeno tiene solo un electrón para enlazarse como se muestra esquemáticamente para el etileno, donde – y = denotan un simple y doble enlace covalente.



Figura 1.1 Representación del etileno (C2H4)

Si la molécula no está rodeada de la máxima cantidad de átomos que permite el enlace (cuatro en el caso del carbono) se dice que es *no saturada*, en estos casos la transferencia de posición permite la adición de otro átomo o grupo de átomos a la molécula original. Esta diferencia en el ordenamiento aun cuando el hidrocarburo mantenga la misma composición se denomina *isomerismo* que provoca una marcada variación en las propiedades y características del compuesto, por ejemplo la temperatura de ebullición del butano (C4H10) es -0.5 º C y para el isobutano es -12.3 º C.

Para entender la química de los polímeros podemos auxiliarnos del etileno (C2H4) Fig. 1.1, este en estado natural es un gas pero si es sometido a un proceso catalítico a determinadas condiciones de presión y temperatura se transformara en polietileno (PE), el cual es un material sólido, la cadena polimérica formada puede quedar representada bidimensionalmente como se muestra en la figura 1.2 en la que aparece sombreada el *mer* que lo forma

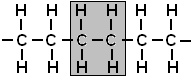


Figura 1.1 Representación esquemática bidimensional del polietileno y el *mer* que lo forma

Si todos los átomos de hidrogeno en el polietileno son sustituido por átomos de cloro, el polímero resultante será el cloruro de polivinilo (PVC)

Otros ejemplos de polímeros resultantes de estructuras simples polimerizadas son el poliestireno, la bakelita, el nylon, etc. que aparecen en la página 452 del Callister (Tomo II)

**1. 2. Obtención y estructura de los polímeros.**

Por vía sintética los polímeros se obtienen fundamentalmente como resultado de la **polimerización** y la **policondensación.**

**1.2.1. Polimerización**

La **polimerización** es un proceso químico por el cual mediante el calor, la luz o un catalizador se unen varias moléculas de un compuesto para formar una cadena de múltiples eslabones y obtener una macromolécula formada por monómeros. En este caso la macromolécula que se forma tiene la misma composición empírica que el monómero inicial:

Una polimerización es ***por adición*** si la molécula del monómero pasa a formar parte del polímero sin pérdida de átomos, es decir, la composición química de la cadena resultante es igual a la suma de las composiciones químicas de los monómeros que la conforman.

A + A + A +...+ A = (A).n (1.2.1.1)

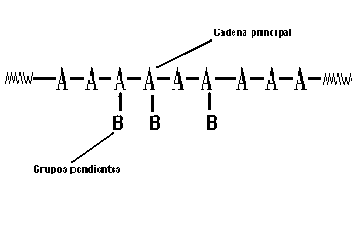
***n*** indica el grado de polimerización

En el caso de que el polímero provenga de un único tipo de monómero se denomina *homopolímero* los cuales forman cadenas lineales (ecuación 1.2.1.1) (Figura 1.2), en la cual los átomos se arreglan más o menos en una larga cadena. Esta cadena se denomina *cadena principal*. Las macromoléculas de los polímeros lineales constituyen una cadena de eslabones elementales **A**, cuya longitud en ciento y miles de veces sobrepasa las dimensiones de la sección transversal.



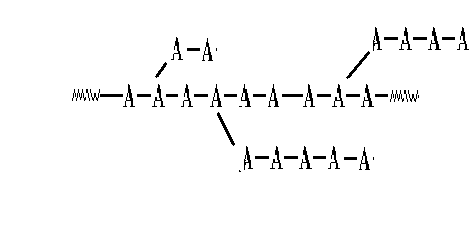
**Figura 1.2.** Polímero lineal de átomos.

En otros casos la formación de la cadena polimérica interviene varios monómeros por lo que se denominan copolímeros o heteropolímeros, estos por lo general, están enlazados, en pequeñas cadenas de átomos. Estas cadenas pequeñas se denominan ***grupos pendientes***. Las cadenas de grupos pendientes son mucho más pequeñas que la cadena principal (**Fig. 1.3**). Normalmente tienen unos pocos átomos de longitud, pero la cadena principal posee generalmente cientos de miles de átomos.



**Figura 1.3.** Cadena lineal con grupos pendientes.

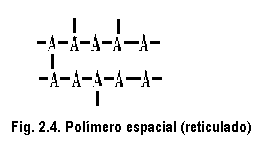
Otros ordenamientos para los homopolímeros o copolímeros pueden ser la de los **polímeros ramificados** que tienen ramificaciones laterales con diferente número de eslabones y de su relación con respecto a la longitud de la cadena básica (Figura 1.4). Por ejemplo:



**Figura 1.4.** Polímero ramificado.

Las macromoléculas en los polímeros lineales y ramificados se encuentran enlazadas entre sí por las fuerzas de la interacción molecular. Mientras más largas sean las cadenas laterales, más débiles serán estas fuerzas y por ello los polímeros ramificados obtenidos son más blandos y elásticos que los lineales. Ambos tipos de polímeros se funden o ablandan con el calentamiento, es por esta razón que se denominan **termoplásticos,** aunque durante el calentamiento pasan de nuevo al estado sólido.

En los **polímeros** **espaciales** (**reticulares**), además de los enlaces intermoleculares entre las moléculas lineales y ramificadas, existen enlaces químicos entre las cadenas básicas. La formación de una estructura reticular transfiere a los polímeros un estado sólido, indisoluble y no fusible durante el calentamiento, por lo que se denominan **termoestables**.

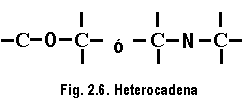


Los polímeros espaciales poseen una mayor estabilidad térmica y más elevadas propiedades elásticas que los polímeros lineales.

Si la cadena principal de la macromolécula está compuesta por átomos de carbono (**polietileno**, **poliestireno** y otros), entonces se denominan **carbocadenas**.

###### 

En el caso de que además del carbono aparezcan otros átomos en las macromoléculas, entonces se denominan **heterocadenas** (poliamidas, resinas alquídicas y otros).



Cuando dos monómeros están dispuestos según un ordenamiento alternado, el polímero es denominado obviamente, un **copolímero alternante**:



En un **copolímero al azar**, los dos monómeros pueden seguir cualquier orden:



En un **copolímero en bloque**, todos los monómeros de un mismo tipo se encuentran agrupados entre sí, al igual que el otro tipo de monómeros. Un copolímero en bloque puede ser imaginado como dos homopolímeros unidos por sus extremos.



Un copolímero en bloque bien conocido es el **caucho SBS**, que se emplea para las suelas de los zapatos y también para las cubiertas de neumáticos, y otros donde la durabilidad sea un factor importante. Su cadena principal está constituida por tres segmentos. El primero es una larga cadena de **poliestireno**, el del medio es una cadena de **polibutadieno**, y el último es otra larga sección de **poliestireno**.

La **policondensación** o polimerización **por condensación** ocurre si la molécula de monómero pierde átomos cuando pasa a formar parte del polímero. Por lo general se pierde una molécula pequeña, como agua o HCL gaseoso, amoníaco y otras.

La polimerización por condensación genera subproductos. La polimerización por adición no.

Las propiedades de los polímeros se determinan por:

 La propiedad química.

 La forma de las moléculas.

 El tipo de enlace entre las moléculas.

 La polidispersión.

 La masa molecular, que es una característica importante, que influye fuertemente sobre las propiedades de los polímeros.

Con el incremento de la media molecular de la masa se elevan la resistencia mecánica, la dureza, la elasticidad la inercia química a la acción de diferentes agentes y cambian otras propiedades.

**1.1.4 Estabilidad Química**

La estructura química de los polímeros determina tales propiedades como su estabilidad ante la acción de agentes químicos disolventes, a las altas temperaturas y sus propiedades dieléctricas. En particular resisten bien la acción de los ácidos y álcalis y poseen capacidad antinflamatoria, los polímeros que contienen en el monómero, halógenos. La estabilidad ante la luz de los materiales se eleva significativamente con la introducción en la macromolécula de flúor y de grupos de nitruros (CN).

El carácter de los enlaces entre los eslabones elementales de las macromoléculas influye fuertemente en las propiedades de los polímeros. Así, los polímeros con carbocadenas, que contienen enlaces saturados de carbono, son muy estables ante la acción de ácidos, álcalis y otros medios agresivos. Los polímeros con heterocadenas, que contienen enlaces complejos de éteres, acetatos y aminos, poseen menor estabilidad química ante los ácidos y álcalis.

Existen tres aspectos por los cuales los polímeros actúan de modo distinto a las moléculas pequeñas y las razones son un poco más complicadas que decir simplemente "porque son más grandes". Los tres aspectos se denominan por lo general:

 Enredo de las cadenas.

 Adición de fuerzas intermoleculares.

* Escala de tiempo del movimiento.

### **. Adición de fuerzas intermoleculares.**

Todas las moléculas, tanto las pequeñas como las poliméricas, interactúan entre sí promoviendo la atracción electrostática. Algunas moléculas se atraen más que otras. Las moléculas polares lo hacen mejor que las no polares. Por ejemplo, el agua y el metano poseen pesos moleculares similares. El peso molecular del metano es 16 y el del agua 18. A temperatura ambiente, el metano es un gas y el agua un líquido. Esto es porque el agua es muy polar, lo suficiente como para que sus moléculas se mantengan unidas como líquido, mientras que el metano es no polar y por lo tanto, sus moléculas no permanecen unidas en absoluto.

Como ya se ha señalado, las fuerzas intermoleculares afectan tanto a los polímeros como a las moléculas pequeñas. Pero con los polímeros, estas fuerzas se combinan extensamente. Cuanto más grande sea la molécula, habrá más para ejercer una fuerza intermolecular. Aun cuando sólo las débiles fuerzas de Van de Waals estén en juego, pueden resultar muy fuertes para la unión de distintas cadenas poliméricas. Esta es otra razón por la cual los polímeros pueden ser muy resistentes como materiales. El polietileno, por ejemplo, es muy apolar. Sólo intervienen fuerzas de Van der Waals, sin embargo es tan resistente que es utilizado para la confección de chalecos a prueba de balas.

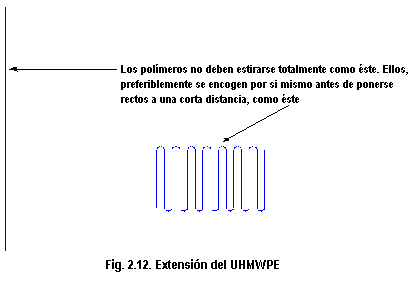
**1.1.4. Cristalinidad en los polímeros.**

Las propiedades de los polímeros dependen de su estructura. En su mayoría, los polímeros tienen una estructura amorfa (del tipo vidrio); sin embargo, algunos polímeros lineales y de reticulado raro, pueden formar zonas rigurosamente ordenadas, es decir, tienen **parcialmente** una **estructura cristalina**, lo que conduce a la elevación de la resistencia mecánica, dureza y estabilidad térmica. En el caso de la estructura cristalina se incrementa la interacción molecular, pero se reduce la flexibilidad de las moléculas.

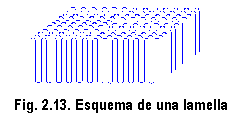
¿Pero qué tipo de ordenamiento suelen formar los polímeros?

Suelen alinearse estando completamente extendidos, como si fueran una pila de maderos.

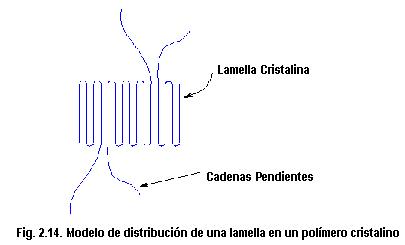
Pero no siempre pueden extenderse en línea recta. De hecho, muy pocos polímeros logran hacerlo, y esos son el polietileno de peso molecular ultra-alto (el polietileno lineal se produce normalmente con pesos moleculares en el rango de 2.105 a 5.105, pero puede ser mayor aún. El **polietileno** con **pesos moleculares** de **3.106** a **6.106** se denomina polietileno de **peso molecular ultra-alto**, o **UHMWPE**. El UHMWPE se puede utilizar para hacer fibras que son tan fuertes que sustituyeron al Kevlar para su uso en chalecos a prueba de balas. Grandes láminas de éste se pueden utilizar en lugar de hielo para pistas de patinaje) y las aramidas como el **Kevlar** (se utiliza para hacer objetos tales como chalecos a prueba de balas y neumáticos de bicicleta resistentes a las pinchaduras; si fuera necesario, con el Kevlar hasta se podrían hacer neumáticos de bicicleta a prueba de balas) y el **Nomex** (conjuntamente con el Kevlar se emplea en la fabricación de anti-llamas). La mayoría de los polímeros se extienden sólo una corta distancia para luego plegarse sobre sí mismos. Como puede verse en la **figura 2.12.**



En el caso del polietileno, las cadenas se extienden alrededor de 10 nm antes de plegarse. Pero no sólo se pliegan de esta forma. Los polímeros forman apilamientos a partir de esas cadenas plegadas. La **figura 2.13** representa uno de esos apilamientos, llamado **lamella**.



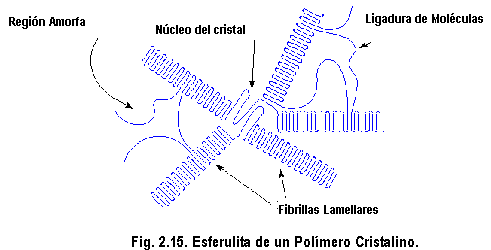
No siempre todo resulta tan ordenado. A veces, una parte de la cadena está incluida en este cristal y otra parte no. Cuando esto ocurre, se obtiene el desorden que muestra en la **fig. 2.14.**



Un **polímero cristalino** tiene en realidad **dos componentes**: la **porción cristalina** que está en la lamella y la **porción amorfa**, fuera de la lamella. Al observa la **figura** ampliada (**2.15.**) de una lamella, se ve cómo están dispuestas las porciones cristalina y amorfa.

Como puede observarse, una lamella crece como los rayos de una rueda de bicicleta, desde un núcleo central. A veces, se suele denominar una **lamella** como ***fibrillas lamellares***. En realidad crecen en tres dimensiones, por lo que se asemejan más a una esfera que a una rueda. Toda esta esfera se llama **esferulita**. En una porción de polímero cristalino, existen varios millones de esferulitas.

Entre medio de la lamella cristalina hay regiones en las que no existe ningún orden en la disposición de las cadenas poliméricas. Dichas regiones desordenadas son las porciones amorfas.



Ningún polímero es completamente cristalino. La cristalinidad hace que los materiales sean resistentes, pero también quebradizos. Un polímero totalmente cristalino sería demasiado quebradizo como para ser empleado como plástico. Las regiones amorfas le confieren *ductilidad* al polímero, es decir, la habilidad de poder plegarse sin romperse.

Pero para fabricar fibras, se desea que los polímeros sean lo más cristalinos posible. Esto es porque una fibra es en realidad un largo cristal.

Muchos polímeros presentan una mezcla de regiones amorfas y cristalinas, pero algunos son altamente cristalinos y otros son altamente amorfos. A continuación se presentan polímeros que tienden hacia dichos extremos:

|  |  |
| --- | --- |
| Ejemplos de polímeros altamente cristalinos: | Ejemplos de polímeros altamente amorfos: |
| Polipropileno. | Polimetilmetacrilato. |
| Poliestireno sindiotáctico | Poliestireno atáctico. |
| Nylon. | Policarbonato. |
| Kevlar y Nomex. | Poliisopreno. |
| Policetonas. | Polibutadieno. |

### **1.6.1. Propiedades eléctricas**

Los polímeros industriales en general son malos conductores eléctricos, por lo que se emplean masivamente en la industria eléctrica y electrónica como materiales aislantes. Las baquelitas (resinas fenólicas) sustituyeron con ventaja a las porcelanas y el vidrio en las aplicaciones eléctricas de baja tensión hace ya muchos años; termoplásticos como el PVC y los PE, entre otros, se utilizan en la fabricación de cables eléctricos, llegando en la actualidad a tensiones de aplicación superiores a los 20 KV, y casi todas las carcasas de los equipos electrónicos se construyen en termoplásticos de magníficas propiedades mecánicas, además de eléctricas y de gran duración y resistencia al medio ambiente, como son, por ejemplo, las resinas ABS.

Para evitar cargas estáticas en aplicaciones que lo requieran, se ha utilizado el uso de antiestáticos que permite en la superficie del polímero una conducción parcial de cargas eléctricas.

Evidentemente la principal desventaja de los materiales plásticos en estas aplicaciones está en relación a la pérdida de características mecánicas y geométricas con la temperatura. Sin embargo, ya se dispone de materiales que resisten sin problemas temperaturas relativamente elevadas (superiores a los 200 °C).

Las propiedades eléctricas de los polímeros industriales están determinadas principalmente, por la naturaleza química del material (enlaces covalentes de mayor o menor polaridad) y son poco sensibles a la microestructura cristalina o amorfa del material, que afecta mucho más a las propiedades mecánicas. Su estudio se acomete mediante ensayos de comportamiento en campos eléctricos de distinta intensidad y frecuencia. Seguidamente se analizan las características eléctricas de estos materiales.

Los polímeros conductores han sido recientemente (1974) desarrollados y sus aplicaciones están siendo estudiadas.

### **1.6.2. Propiedades físicas de los polímeros.**

Estudios de difracción de rayos X sobre muestras de polietileno comercial, muestran que este material, constituido por moléculas que pueden contener desde 1.000 hasta 150.000 grupos CH2 – CH2 presentan regiones con un cierto ordenamiento cristalino, y otras donde se evidencia un carácter amorfo: a éstas últimas se les considera defectos del cristal. En este caso las fuerzas responsables del ordenamiento cuasicristalino, son las llamadas fuerzas de van der Waals. En otros casos (nylon 66) la responsabilidad del ordenamiento recae en los enlaces de H. La temperatura tiene mucha importancia en relación al comportamiento de los polímeros. A temperaturas más bajas los polímeros se vuelven más duros y con ciertas características vítreas debido a la pérdida de movimiento relativo entre las cadenas que forman el material. La temperatura en la cual funden las zonas cristalinas se llama temperatura de fusión (Tf) Otra temperatura importante es la de descomposición y es conveniente que la misma sea bastante superior a Tf.

### **1.6.3. Las propiedades mecánicas**

Son una consecuencia directa de su composición así como de la estructura molecular tanto a nivel molecular como supermolecular. Actualmente las propiedades mecánicas de interés son las de los materiales polímeros y estas han de ser mejoradas mediante la modificación de la composición o morfología por ejemplo, cambiar la temperatura a la que los polímeros se ablandan y recuperan el estado de sólido elástico o también el grado global del orden tridimensional. Normalmente el incentivo de estudios sobre las propiedades mecánicas es generalmente debido a la necesidad de correlacionar la respuesta de diferentes materiales bajo un rango de condiciones con objeto de predecir el desempeño de estos polímeros en aplicaciones prácticas. Durante mucho tiempo los ensayos han sido realizados para comprender el comportamiento mecánico de los materiales plásticos a través de la deformación de la red de polímeros reticulados y cadenas moleculares enredadas, pero los esfuerzos para describir la deformación de otros polímeros sólidos en términos de procesos operando a escala molecular son más recientes. Por lo tanto se considerarán los diferentes tipos de respuesta mostrados por los polímeros sólidos a diferentes niveles de tensión aplicados; elasticidad, viscoelasticidad, flujo plástico y fractura.

**1.1.5.2. Propiedades mecánicas de los polímeros.**

Se habla mucho de polímeros "resistentes" (o "fuertes"), "tenaces" y hasta "dúctiles". La resistencia, la ductilidad y la resiliencia y otras son propiedades mecánicas.

### **Resistencia.**

La resistencia es una propiedad mecánica que se puede relacionar acertadamente, pero no se sabría con exactitud qué significa la palabra "resistencia" cuando se trata de polímeros. En primer lugar, existen varios tipos de resistencia. Está la **resistencia a la tracción**. Un polímero tiene resistencia a la tracción si soporta cargas axiales que tienden a alargarlo.

La resistencia a la tracción es importante para un material que va a ser estirado o a estar bajo tensión. Las fibras necesitan tener buena resistencia a la tracción

Luego está la **resistencia a la compresión**. Un polímero tendrá resistencia a la compresión si soporta cargas axiales que tienden a compactarlo.

El concreto es un ejemplo de material con buena resistencia a la compresión. Cualquier cosa que deba soportar un peso encima, debe poseer buena resistencia a la compresión.

También está la **resistencia a la flexión**. Un polímero tiene resistencia a la flexión si es capaz de soportar cargas que provoquen momentos flectores en su sección transversal.

### **Elongación.**

Mas, las propiedades mecánicas de un polímero no se remiten exclusivamente a conocer cuán resistente es; la resistencia indica cuánta tensión se necesita para romper algo, sin embargo no dice nada de lo que ocurre con la muestra mientras se trata de romper; ahí es donde corresponde estudiar el comportamiento de **elongación** de la muestra polimérica. La elongación es un tipo de deformación, que simplemente expresa el cambio en la forma que experimenta cualquier material bajo tensión. Cuando se habla de tensión, la muestra se deforma por alargamiento. Esto precisamente es la elongación.

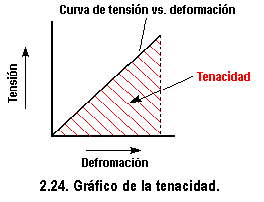
Por lo general, se habla de porcentaje de elongación, que es el largo de la muestra después del alargamiento (**L**), dividido por el largo original (**L**0), y multiplicado por 100.

**L/ L**0 **x 100 % = Elongación**

Existen muchos fenómenos vinculados a la elongación, que dependen del tipo de material que se está estudiando; dos mediciones importantes son la **elongación final** y la **elongación elástica**.

### **Tenacidad.**

El gráfico de tensión versus alargamiento puede darnos otra valiosa información. Si se mide el área bajo la curva tensión-alargamiento, coloreada de rojo en la figura de abajo, el número que se obtiene es algo llamado **tenacidad**.



La tenacidad es en realidad, una medida de la energía que una muestra puede absorber antes de que se rompa. Si la altura del triángulo del gráfico es la resistencia y la base de ese triángulo es el alargamiento, entonces el área es proporcional a resistencia por alargamiento. Dado que la resistencia es proporcional a la fuerza necesaria para romper la muestra y el alargamiento es medido en unidades de distancia (la distancia a que la muestra es alargada), entonces la resistencia a la tracción es proporcional a la fuerza por la distancia y según la Física: fuerza por distancia es energía:

**Resistencia x Deformación  Fuerza x Distancia = Energía.**

## 1.7. Clasificación de los polímeros.

Existen varias formas posibles de clasificar los polímeros, sin que sean excluyentes entre sí.

### Según su origen

### **Polímeros naturales.** Existen en la naturaleza muchos polímeros y las biomoléculas que forman los seres vivos son macromoléculas poliméricas. Por ejemplo, las proteínas, los ácidos nucleicos, los polisacáridos (como la celulosa y la quitina), el hule o caucho natural, la lignina, etc.

### **Polímeros semisintéticos.** Se obtienen por transformación de polímeros naturales. Por ejemplo, la nitrocelulosa, el caucho vulcanizado, etc.

### **Polímeros sintéticos.** Muchos polímeros se obtienen industrialmente a partir de los monómeros. Por ejemplo, el nylon, el poliestireno, el cloruro de polivinilo (PVC), el polietileno, etc.

### Según su mecanismo de polimerización

En 1929 Carothers propuso la reacción:

* **Polímeros de condensación**. La reacción de polimerización implica a cada paso la formación de una molécula de baja masa molecular, por ejemplo agua.
* **Polímeros de adición**. La polimerización no implica la liberación de ningún compuesto de baja masa molecular. Esta polimerización se genera cuando un "catalizador", inicia la reacción. Este catalizador separa la unión doble carbono en los monómeros, luego aquellos monómeros se unen con otros debido a los electrones libres, y así se van uniendo uno tras uno hasta que la reacción termina.
* **Polímeros formados por etapas**. La cadena de polímero va creciendo gradualmente mientras haya monómeros disponibles, añadiendo un monómero cada vez. Esta categoría incluye todos los polímeros de condensación de Carothers y además algunos otros que no liberan moléculas pequeñas pero sí se forman gradualmente, como por ejemplo los poliuretanos.
* **Polímeros formados por reacción en cadena**. Cada cadena individual de polímero se forma a gran velocidad y luego queda inactiva, a pesar de estar rodeada de monómero.

### Según su composición química

* **Polímeros orgánicos**. Posee en la cadena principal átomos de carbono.
* **Polímeros orgánicos vinílicos**. La cadena principal de sus moléculas está formada exclusivamente por átomos de carbono.

Dentro de ellos se pueden distinguir:

* **Poliolefinas**, formados mediante la polimerización de olefinas.

Ejemplos: polietileno y polipropileno.

* **Polímeros estirénicos**, que incluyen al estireno entre sus monómeros.

Ejemplos: poliestireno y caucho estireno-butadieno.

* **Polímeros vinílicos halogenados**, que incluyen átomos de halógenos (cloro, flúor...) en su composición.

Ejemplos: PVC y PTFE.

* **Polímeros acrílicos**. Ejemplos: PMMA.
* **Polímeros orgánicos no vinílicos**. Además de carbono, tienen átomos de oxígeno o nitrógeno en su cadena principal.

Algunas sub-categorías de importancia:

* **Poliésteres**
* **Poliamidas**
* **Poliuretanos**

**Polímeros inorgánicos.** Entre otros:

* Basados en azufre. Ejemplo: polisulfuros.
* Basados en silicio. Ejemplo: silicona.

### Según sus aplicaciones

Atendiendo a sus propiedades y usos finales, los polímeros pueden clasificarse en:

* **Elastómeros**. Son materiales con muy bajo módulo de elasticidad y alta extensibilidad; es decir, se deforman mucho al someterlos a un esfuerzo pero recuperan su forma inicial al eliminar el esfuerzo. En cada ciclo de extensión y contracción los elastómeros absorben energía, una propiedad denominada resiliencia.
* **Plásticos**. Son aquellos polímeros que, ante un esfuerzo suficientemente intenso, se deforman irreversiblemente, no pudiendo volver a su forma original. Hay que resaltar que el término *plástico* se aplica a veces incorrectamente para referirse a la totalidad de los polímeros.
* **Fibras**. Presentan alto módulo de elasticidad y baja extensibilidad, lo que permite confeccionar tejidos cuyas dimensiones permanecen estables.
* **Recubrimientos**. Son sustancias, normalmente líquidas, que se adhieren a la superficie de otros materiales para otorgarles alguna propiedad, por ejemplo resistencia a la abrasión.
* **Adhesivos**. Son sustancias que combinan una alta adhesión y una alta cohesión, lo que les permite unir dos o más cuerpos por contacto superficial.

### Según su comportamiento al elevar su temperatura

Para clasificar polímeros, una de las formas empíricas más sencillas consiste en calentarlos por encima de cierta temperatura. Según si el material funde y fluye o por el contrario no lo hace se diferencian dos tipos de polímeros:

* **Termoplásticos**, que fluyen (pasan al estado líquido) al calentarlos y se vuelven a endurecer (vuelven al estado sólido) al enfriarlos. Su estructura molecular presenta pocos (o ningún) entrecruzamientos. Ejemplos: polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo PVC.
* **Termoestables**, que no fluyen, y lo único que conseguimos al calentarlos es que se descompongan químicamente, en vez de fluir. Este comportamiento se debe a una estructura con muchos entrecruzamientos, que impiden los desplazamientos relativos de las moléculas.

La clasificación termoplásticos / termoestables es independiente de la clasificación elastómeros / plásticos / fibras. Existen plásticos que presentan un comportamiento termoplástico y otros que se comportan como termoestables. Esto constituye de hecho la principal subdivisión del grupo de los plásticos y hace que a menudo cuando se habla de "los termoestables" en realidad se haga referencia sólo a "los plásticos termoestables". Pero ello no debe hacer olvidar que los elastómeros también se dividen en termoestables (la gran mayoría) y termoplásticos (una minoría pero con aplicaciones muy interesantes).

## 1.7.1. Nomenclatura

Las normas internacionales publicadas por la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) indican que el principio general para nombrar polímeros es utilizar el prefijo **poli-** seguido de la unidad estructural repetitiva (UER) que define al polímero, escrita entre paréntesis. La UER debe ser nombrada siguiendo las normas convencionales de la IUPAC para moléculas sencillas.

|  |
| --- |
| Ejemplo: |
| **Poli (tio-1,4-fenileno)** |

Las normas IUPAC se utilizan habitualmente para nombrar los polímeros de estructura complicada, ya que permiten identificarlos sin ambigüedad en las bases de datos de artículos científicos. Por el contrario, no suelen ser utilizadas para los polímeros de estructura más sencilla y de uso común principalmente porque estos polímeros fueron inventados antes de que se publicasen las primeras normas IUPAC, en 1952, y por tanto sus nombres "comunes" o "tradicionales" ya se habían popularizado.

En la práctica, los polímeros de uso común se suelen nombrar según alguna de las siguientes opciones:

* Sufijo poli- seguido del monómero del que se obtiene el polímero. Esta convención es diferente de la IUPAC porque el monómero no siempre coincide con la UER y además se nombra sin paréntesis y en muchos casos según una nomenclatura "tradicional", no la IUPAC. Ejemplos: polietileno frente a poli (metileno); poliestireno frente a poli(1-feniletileno)

**1.8. Clasificación y propiedades tecnológicas de los plásticos.**

**Los plásticos** son polímeros naturales (hidrocarburos, productos de hidratos de celulosa, lana, albúminas, etc.) o artificiales (**polímeros:** oleofínicos, vinílicos, acrílicos, copolímeros, poliuretanos, aminoplásticos, poliamidas, poliésteres, silicona, etc.) a los que se les agregan rellenos, plastificadores, estabilizadores, colorantes, solidificadores (endurecedores) y otras adiciones especiales (ingredientes)..

**Los rellenos** mejoran las propiedades físico-mecánicas. Rellenos como el hollín y el grafito, además de la resistencia, elevan las conductividades térmica y eléctrica de los materiales.

**Los plastificantes**, que son moléculas pequeñas encargadas de hacer más flexible al plástico, transferirle elasticidad y plasticidad, así como facilitarle su transformación en artículos.

**Los estabilizadores** le otorgan estabilidad ante la destrucción química de la base altamente molecular bajo la acción de la luz, el calor, el oxígeno, la humedad, las acciones mecánicas. Los cambios irreversibles, debidos a la acción de los factores señalados, están unificados bajo la denominación general de **envejecimiento** de los plásticos.

En dependencia de la **presencia** y **cantidad de relleno**, los plásticos se **pueden** dividir en **simples** y **complejos** (**compuestos**).

A su vez, los plásticos compuestos se dividen, acorde al tipo de relleno, en plásticos:

 Con relleno en forma de polvos (polvos prensados).

 Con relleno en forma de fibras.

 Con relleno a partir de tejidos y en forma de bandas (plásticos por capas).

 Rellenos con gases; etc.

Por la naturaleza química del relleno, pueden ser:

 Plásticos vítreos.

 Carboplásticos.

 Plásticos con rellenos vegetales.

 Plásticos con rellenos de algodón.

 Plásticos con rellenos minerales (polvo de cuarzo y otros).

 Plásticos rellenos con fibras sintéticas (con polipropileno, con caprón, con flúor-orlón, y otros).

También los plásticos se dividen en dependencia del tipo de aglutinante (polímero). Así, los plásticos a partir de resinas fenólicas y fenoloaldehídicas reciben el nombre de **fenoplásticos**, a partir de resinas epóxicas: **epóxi-plásticos**, a partir de resinas poliamídicas: **amidoplásticos**.

Frecuentemente los plásticos se clasifican según su aplicación:

 De construcción.

 Electrotécnicos.

 Químicamente estables.

 Selectivos (membranales), etc.

Por la composición química de las macromoléculas se distinguen los plásticos con carbocadenas y con heterocadenas, mientras que por la estructura de las macromoléculas pueden ser lineales, ramificados, empalmados, cíclicos. Con respecto a su comportamiento durante el calentamiento se dividen en termoplásticos y termorreactivos.

Desde el punto de vista de las propiedades tecnológicas de los materiales poliméricos (la comunidad de los métodos de transformación en artículos, la elaboración mecánica, los métodos de uniones indivisibles: soldadura y encolado), resulta más cómoda la clasificación que tiene en cuenta el comportamiento del material durante el calentamiento y el tipo de relleno.

## 1.9. Ejemplos de polímeros de gran importancia

### **Polímeros comunes**

Polietileno (PE) (HDPE o LDPE, alta o baja densidad)

* 1. Polipropileno (PP)
  2. Poliestireno (PS)
  3. Poliuretano (PU)
  4. Policloruro de vinilo (PVC)
  5. Politereftalato de etileno (PET)
  6. Polimetilmetacrilato (PMMA)
  7. **Polímeros de ingeniería**
  8. Nylon (poliamida 6, PA 6)
  9. Polilactona
  10. Policaprolactona
  11. Poliester
  12. Polisiloxanos
  13. Polianhidrido
  14. Poliurea
  15. Policarbonato
  16. Polisulfonas
  17. Poliacrilonitrilo
  18. Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)
  19. Polióxido de etileno
  20. Policicloctano
  21. Poli (n-butil acrilato)
  22. Poliéster
  23. Tereftalato de Polibutileno (PBT)
  24. Estireno Acrilonitrilo (SAN)
  25. Poliuretano Termoplástico (TPU)
* **Materiales Cerámicos. Introducción.**

La industria de la cerámica se remonta a los albores de las primeras comunidades humanas, y son muchas las culturas prehistóricas que nos han dejado el testimonio de sus alfareros. Fue material de trabajo y vehículo de manifestaciones de las primeras inquietudes artísticas.

La milenaria cultura china guardo por siglos el secreto de sus impresionantes porcelanas, con procesamientos de maduración que duraban hasta 100 años.

Hoy, con el auxilio de las más modernas técnicas de investigación y fabricación, el hombre sigue usando estos materiales, ahora con un mayor conocimiento de su comportamiento.

* **Estructura.**

Las propiedades de los materiales cerámicos se derivan de su estructura.

Los enlaces que existen entre los átomos son mixtos: iónicos y covalentes. Las cargas iónicas mantienen unidos los átomos del material y los enlaces covalentes, con su componente direccional, restringen el movimiento de los átomos.

Es este tipo de enlace híbridos iónico-covalentes, los que distinguen principalmente estos materiales de los metales o de los polímeros orgánicos.

En los materiales cerámicos los átomos se disponen en agrupaciones, llamadas celdas unitarias, que se repiten periódicamente a través del material, formando cristales. Aunque algunas veces por la forma en que se han obtenido, no se logra una ordenación perfecta y aparece una estructura vítrea. Otra vez la estructura del material es mixta cristal-vítrea.

La estructura atómica de los materiales cerámicos les proporciona una gran estabilidad química, altos puntos de fusión, dureza y rigidez.

* **Composición.**

Normalmente los cerámicos tradicionales están constituidos por tres componentes básicos: arcilla, sílice (pedernal) y feldespato. Ejemplos de cerámicos tradicionales son los ladrillos y tejas utilizados en la industria de la construcción y las porcelanas eléctricas de uso en la industria eléctrica. Las cerámicas ingenieriles, por el contrario, están constituidas, típicamente, por compuestos puros o casi puros tales como oxido de aluminio, carburo de silicio, y nitruro de silicio.

Las cerámicas tradicionales son productos basados en la industria de los silicatos, en los cuales las materias primas principales son los minerales naturales, como arcilla, sílice, feldespato y talco.

La cerámica de vidrio se funde y se forma como el vidrio luego, se convierte mediante nucleación y crecimientos controlados de los cristales, en materiales cerámicos policristalinos.

El vidrio es un material cerámico obtenido a partir de materiales inorgánicos a altas temperaturas. No obstante se distingue de otros cerámicos en que sus constituyentes son calentados hasta fusión y después enfriados hasta un estado rígido sin cristalización. Una de sus características es que tiene estructura no cristalina o amorfa. Las moléculas de un vidrio no están colocadas en un orden repetitivo de largo alcance como existe en  un sólido cristalino. En un vidrio las moléculas cambian su orientación de una manera aleatoria en todo el sólido.

La combinación de transparencia y dureza a temperatura ambiente con suficiente fuerza y una excelente resistencia a la corrosión en la mayoría de los ambientes hacen al vidrio indispensable en muchas aplicaciones de ingeniería tales como la construcción, vidriado de vehículos, en la industria eléctrica (por sus propiedades aislantes), en la industria química.

Las materias primas utilizadas en la fabricación de productos cerámicos son en la mayoría de los casos, óxidos tales como oxido de silicio (SiO2); oxido de aluminio (Al2O3); oxido de magnesio (MgO); silicatos y otros óxidos complejos, tales como arcillas (Al2O3, 2SiO2, 2H2O); talco (MgO, SiO2) y titanato de bario (BaO, TiO2). Sin embargo, el empleo de materiales que no son óxidos va en aumento de una forma extraordinaria. Ejemplos de estos tipos de materiales son: los carburos, baruros, nitruros y siliciuros.

* **Clasificación.**

Dentro del campo de los materiales cerámicos se encuentran las siguientes categorías:

1. Todos los tipos de productos vítreos.
2. Materiales abrasivos y algunos tipos de **herramientas** de **corte**.
3. Productos estructurales.

Los materiales cerámicos usados para aplicaciones en ingeniería pueden clasificarse como:

1. Materiales cerámicos tradicionales.
2. Materiales cerámicos de uso específico en la ingeniería.

Los materiales cerámicos ingenieriles son de gran importancia por su aplicación en las ramas de la ingeniería.

En contraste con las cerámicas tradicionales, las cuales se basan principalmente en la arcilla, las cerámicas técnicas o de ingeniería están constituidas principalmente de compuestos puros o casi puros; principalmente óxidos, carburos o nitruros; algunas de las más importantes cerámicas son: alúmina(Al2O3), nitruro de silicio(Si3N4), carburo de silicio (SiC), y circonio (ZrO2) combinados con algunos otros óxidos refractarios.

* **Propiedades de los materiales cerámicos.**

Las propiedades físicas de los materiales cerámicos dependen, alto grado, de la composición, microestructura (fases presentes y su distribución).

Las principales propiedades tecnológicas que hacen útiles a los materiales cerámicos son:

1. Dureza.
2. Refractaria.
3. Inercia química.
4. Gran variedad de propiedades eléctricas, nucleares y ópticas.
5. Alta resistencia mecánica a temperatura ambiente y elevada.
6. Rigidez.
7. Buena resistencia a la intemperie y la fragilidad.
8. Resistencia a la abrasión.

Limites aproximados de las propiedades de los materiales cerámicos.

***- Dureza.***

Los productos cerámicos, en general, son considerablemente más duros que la mayoría de los demás materiales. Esto hace que sean útiles como abrasivos, **herramientas** de **corte**, y para producir superficies que tengan que soportar acciones abrasivas intensas. Existen materiales cerámicos como el nitruro de boro cúbico, que es aproximadamente tan duro como el diamante.

- ***Refractareidad.***

En la categoría de cerámicas se encuentran los materiales que tienen los más altos puntos de fusión conocidos. Estos materiales son los carburos, sin embargo, muchos de los óxidos, boruros, nitruros y siliciuros tienen también puntos de fusión muy altos. En función de esta propiedad son empleados en la construcción de hornos de todo tipo.

Las propiedades de los refractarios cerámicos son:

1. Su resistencia a altas y bajas temperaturas.
2. Su densidad volumétrica (en el rango de 2,1 a 3,3 g/cm3).
3. Su porosidad.

Los refractarios densos con baja porosidad tienen una mayor resistencia a la corrosión y erosión y a la penetración por líquidos y gases.

***- Resistencia al impacto.***

Debe recordarse que estos materiales tienen mala resistencia al impacto, y que la resistencia a la tracción es mucho menor que la resistencia a la compresión, por lo que fallan con facilidad al someterlos a tensión o tracción.

La concentración de poros por volumen puede variar mucho (0 - 30%) y puede influir en la resistencia a los choques, resistencia física y permeabilidad.

La mayoría de los materiales tienen una fase vítrea, una fase cristalina y cierta porosidad; esta última se puede eliminar mediante procesos de vitrificado en la superficie.

***- Propiedades eléctricas y nucleares.***

Las cerámicas técnicas incluyen las cerámicas magnéticas, con propiedades magnéticas pero una resistencia óhmica relativamente alta.

Algunas de las cerámicas de óxidos puros, que tienen propiedades físicas muy superiores, se utilizan en aplicaciones eléctricas y en proyectiles en las cuales son importantes elevadas temperatura de fusión y deformación y la estabilidad en él oxígeno.

La cerámica fibrosa compuesta con fibras de óxido de circonio, ofrece una combinación óptima de resistencia mecánica, baja conductibilidad térmica y resistencia a altas temperaturas, hasta unos 2490 C.

Los materiales cerámicos se utilizan en gran variedad de aplicaciones eléctricas y electrónicas. Muchos tipos de cerámicas son utilizados como aislantes eléctricos para corrientes eléctricas de alto y medio voltaje. También encuentran su aplicación en varios tipos de capacitores, especialmente cuando se requiere la miniaturización. Otros tipos de cerámicas se llaman piezoeléctricos que pueden convertir débiles señales de presión en señales eléctricas, y viceversa.

Las cerámicas nucleares, que incluyen elementos de combustible de dióxido de uranio; el titanio de bario, que es un material con una elevada constante dieléctrica.

***Propiedades Mecánicas de los materiales cerámicos.***

Considerados en su totalidad como una clase de materiales, los cerámicos son relativamente frágiles. Las resistencias a la tensión observada en materiales cerámicos varía enormemente con rangos que van desde valores muy bajos, menores de 100psi (0,69 MPa) hasta 106psi (7.103MPa) para las fibras de cerámicas tales como alúmina preparadas bajo condiciones cuidadosamente controladas. Sin embargo, como tal clase de material, pocos cerámicos tienen resistencia a la tensión por encima de 25000 psi (172 MPa). Los materiales cerámicos también exhiben grandes diferencias entre la resistencia a la tensión y la compresión, siendo la resistencia a la compresión normalmente alrededor de 5 y 10 veces más altas que las tensoras. Muchos materiales cerámicos son duros y tienen baja resistencia al impacto debido a sus uniones iónicos-covalentes. Sin embargo, hay muchas excepciones a las generalizaciones anteriores. Por ejemplo, la arcilla plastificante es un material cerámico blando y fácilmente deformable debido a las fuerzas de enlace secundarios débiles entre las capas de los átomos unidos fuertemente por enlaces iónicos-covalentes.

***Tenacidad de los materiales cerámicos.***

Los materiales cerámicos, debido a su combinación de enlaces iónicos-covalentes, tienen inherentemente una baja tenacidad. Un gran esfuerzo investigador ha sido llevado a cabo en los últimos años para mejorar la tenacidad de loa materiales cerámicos. Usando procesos tales como la presión en caliente de cerámicos con aditivos y reacciones de aglutinación, se han conseguido cerámicos con una mayor tenacidad.

***Materiales abrasivos cerámicos.***

La gran dureza de algunos materiales cerámicos los hace susceptibles de ser usados como abrasivos para cortar, afilar y pulir otros materiales de menor dureza. La alúmina fundida (oxido de aluminio) y el carburo de silicio son los abrasivos más comúnmente usados industrialmente. Los productos abrasivos como láminas y ruedas se hacen por unión de partículas cerámicas individuales, estas partículas deben ser duras y con extremos cortantes afilados.

Además el producto abrasivo debe tener cierta porosidad para proporcionar canales para el aire o el líquido que fluya a través de la estructura. Los granos de óxido de aluminio son más resistentes que los de carburo de silicio pero no son tan duros, y por eso el carburo de silicio es usado normalmente para materiales más duros.

Combinando óxido de circonio con oxido de aluminio, se ha llegado a obtener mejores abrasivos, con una alta resistencia, dureza y calidad de **corte**; una de estas mezclas por ejemplo, contienen 25 %de ZrO2 y 75 % Al2O3. Otro abrasivo cerámico importante es el nitruro de boro cúbico, el cual es casi tan duro como el diamante pero tiene mejor estabilidad al calentamiento que el diamante.

***Propiedades térmicas de los cerámicos.***

En general la mayoría tienen baja conductividad térmica debido a sus fuertes enlaces iónico-covalente y son buenos aislantes térmicos. Debido a sus altas resistencias al calentamiento, son usados como refractarios, materiales que resisten la acción de ambientes calientes, líquidos y gaseosos.

Muchos compuestos cerámicos con altos puntos de fusión como el óxido de aluminio y el óxido de magnesio podrían tener aplicación como refractarios industriales, pero son caros y es difícil darles forma. Por lo tanto, la mayoría de los refractarios industriales usados se hacen de mezclas de compuestos cerámicos.

– ***Factores que afectan a la resistencia de los materiales cerámicos.***

El fallo mecánico de los materiales cerámicos será principalmente por defectos estructurales. Las causas principales de la fractura en cerámicos policristalinos han de buscarse en las grietas superficiales producida durante el proceso de acabado superficial, poros (porosidades), inclusiones y granos grandes producidos durante el procesamiento.

Los poros de los materiales frágiles son regiones donde se concentran los esfuerzos, y cuando la tensión en un poro alcanza su valor crítico se forma una grieta y se propaga al no haber en estos materiales procesos que absorben mucha energía como, los que se dan en los metales dúctiles durante la deformación. Así, una vez que las grietas empiezan propagarse, continúan creciendo hasta que ocurre la fractura. Los poros también actúan en detrimento de la resistencia de los materiales cerámicos por que disminuyen el área de la sección transversal sobre la que se aplica la carga y por tanto rebajan la tensión que un material puede soportar. Así, el tamaño y la fracción en volumen de los poros en las cerámicas son factores importantes que afectan su resistencia.

Para las cerámicas sin poros la resistencia es función de tamaño del grano, siendo las de tamaño de grano más fino las que tienen grietas de tamaño más pequeños en los límites del grano. Por consiguiente su resistencia será mayor que las que presentan un mayor tamaño del grano.

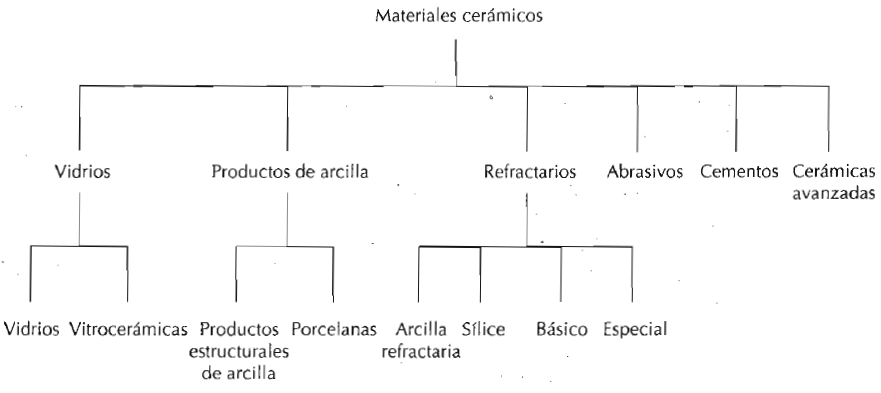
La resistencia de un material cerámico policristalino esta, en consecuencia, determinada por muchos factores, que incluyen la composición química, la microestructura y las condiciones superficiales como factores principales. La temperatura y el entorno también son importantes, así como el tipo de esfuerzo y como se aplica. Sin embargo, el fallo de la mayoría de los materiales cerámicos a temperatura ambiente generalmente se origina las grietas mayores.

***- Rotura de fatiga en materiales cerámicos.***

La fatiga en los materiales se produce bajo repetidos esfuerzos cíclicos a causa de la aparición y crecimiento de grietas dentro de un área muy endurecida de un material. Debido al enlace iónico-covalente de los átomos del material cerámico hay una ausencia de plasticidad en los materiales cerámicos durante los esfuerzos estructurales cíclicos. Como resultado, la fractura a la fatiga en materiales cerámicos es poco común.

**Aplicaciones y métodos de elaboración de los materiales cerámicos.**

El campo de aplicación de los materiales cerámicos está muy relacionado con su método de elaboración, que no difiere en muchos de los casos de las técnicas aplicadas a los metales o de conformación de los plásticos. En otros casos los altos puntos de fusión hacen impracticables la obtención por fundición de las cerámicas para lo que han aparecido procedimientos como la pulvimetalurgia que son la base para la fabricación de plaquitas o calzos termorresistentes de las herramientas de corte modernas. En la figura 4,1 aparece un esquema de clasificación de los materiales cerámicos de acuerdo a su principal uso.



**Figura 4.1.** Clasificación de los materiales cerámicos teniendo en cuenta su aplicación.

**I. VIDRIOS**

* **Vidrios amorfos:**

Los vidrios son una de las más familiares aplicaciones de los materiales cerámicos, (ventanas, espejuelos, etc), constituidos por silicatos no cristalinos y otros óxidos como el CaO, Na2O, K2O y Al2O3, los cuales influyen en las propiedades del vidrio.

Microestructuralmente no son cristalinos, y en estado sólido constituyen cuerpos amorfos denominados con frecuencia líquidos subenfriados.

Para su estudio es útil analizar la relación que presentan sus propiedades con la viscosidad. En función de esta se definen el ***punto de fusión*** (el vidrio es lo suficientemente fluido como para ser considerado un líquido), ***el punto de trabajo*** (aquel pare el cual el vidrio se deforma fácilmente, el ***punto de ablandamiento*** (máxima temperatura a la cual la pieza de vidrio puede ser manipulada sin causar alteraciones dimensionales significativas, el ***punto de recocido***, en el que la difusión atómica es lo suficientemente rápida para que cualquier tensión residual puede ser eliminada en alrededor de 15 minutos y el ***punto de deformación*** temperatura por debajo de la cual la fractura ocurrirá sin deformación plástica previa. Los procesos de conformación de los vidrios caen entre los ***puntos de trabajo*** y de ***ablandamiento*** lo cuales aparecen a temperaturas dependientes de la composición del material (figura 14.4 pág. 425 LT)

**Procesos de conformación de los vidrios.**

Los vidrios son producidos por el calentamiento de las materias primas a elevadas temperaturas, son identificables cuatro métodos diferentes para fabricar productos de vidrio:

* Prensado.
* Soplado.
* Conformación en matrices
* Conformación por fibras.

En muchos casos aparecen combinaciones de dos o más de estos métodos como es la técnica de prensado y soplado para producir botellas de vidrio.

**Tratamientos térmicos de los vidrios.**

1. Recocido: Para eliminar las tensiones internas que aparecen como resultado del gradiente de temperaturas entre la superficie y el interior del material el cual en casos extremos puede conducir a la fractura (choque térmico) se utiliza el recocido el cual consiste en un enfriamiento de la pieza a bajas velocidades desde el punto de recocido hasta la temperatura ambiente.
2. Temple: La resistencia de las piezas de vidrio también puede ser mejorada induciendo intencionalmente tensiones de compresión en la superficie. Para lograrlo la pieza se calienta a una temperatura superior a la región de transición por debajo del ***punto de ablandamiento*** y se enfría entonces en un chorro de aire o en algunos casos en baño de aceite. El vidrio templado es usado en aplicaciones para las cuales una alta resistencia es importante como grandes puertas, parabrisas de automóviles y lentes de telescopios.

* **Vidrios cerámicos.**

Muchos vidrios inorgánicos pueden transformarse desde el estado no cristalino con un apropiado tratamiento térmico. Este proceso es llamado ***de vitrificación***, el producto final es un material policristalino de grano fino. Un agente de nucleación (frecuentemente el dióxido de titanio) puede ser agregado para inducir la cristalización.

Entre sus propiedades se incluye un alto coeficiente de expansión térmica, no experimentan choque térmico, gran resistencia mecánica y alta conductividad térmica.

Los vidrios cerámicos son manufacturados comercialmente con los nombres de *Piroceramicas, Cercor o Visión*.

**II. PRODUCTOS ARCILLOSOS.**

Una de la cerámicas más ampliamente usadas por su facilidad de elaboración y relativa abundancia son las arcillas , estas son alumino-silicatos, es decir compuestos de alúminas (AL2O3) y silicatos (SiO2), que se enlazan químicamente en presencia del agua además de ciertas impurezas usualmente en forma de óxidos. Aunque su estructura cristalina es relativamente complicada una característica prevalece en ellas y es la estructura en capas en las cuales se aloja el agua formando una fina película que le da libertad de movimiento manifestándose en la plasticidad de la mezcla estas se clasifican en productos estructurales en aquellas aplicaciones en que la integridad estructural es importante tales como ladrillos tuberías, recipientes y cerámica blanca las cuales toman este color al ser expuestos a las altas temperaturas incluyendo el grupo de las porcelanas, muebles sanitarios, porcelanas chinas, etc.

Un campo especial de desarrollo de los materiales cerámicos esta dada por la llamada cerámica de los óxidos o cerámica blanca, que explota la alta dureza de estos productos para utilizarlos como sustitutos de **herramientas** de **corte**, tradicionalmente elaboradas de aleaciones o de carburos metálicos.

Las **herramientas** de cerámicas están formadas por óxidos de aluminio sintetizado (alúmina casi pura, o bien con otros elementos que reducen la proporción de la alúmina al 90 %).

Estas **herramientas** constituyen la más moderna contribución de la cerámica al progreso de los materiales para **herramientas** de **corte**, pues prácticamente se han empezado a generalizar a partir de 1960. Se trata de materiales porosos con densidades entre 3,5 – 4,5 g/cm3, de dureza superior a los carburos metálicos y, por su puesto, a los aceros rápidos. Tienen el inconveniente de que son muy frágiles. Sin embargo, la simplicidad de los métodos de moldeo para fabricar esta herramienta, economía de ellos y altas productividades alcanzadas con su aplicación, este último inconveniente pierde significado.

Se utilizan, hoy en día, en la construcción de dados de trefilas para el estirado y en forma de plaquitas para ser soldadas por resinas epoxi, a los mangos de **herramientas** de maquinado.

Con estas **herramientas** se pueden trabajar a velocidades superiores a las empleadas en los carburos metálicos, pues resisten temperaturas de 1200 ?C sin perder el filo.

Las **herramientas** de cerámicas aplicadas al torneado de la fundición, con una dureza Brinell de 200, permite velocidades hasta de 400 m/min, con profundidades de pasada hasta de 5 mm y avances de hasta 8 mm por vuelta. En trabajos de acabado, de esa misma fundición, se ha llegado a trabajar a velocidades de 2000 m/min, con profundidades de pasada de 1 mm y avances de 0,2 mm.

También en el torneado de los aceros se ha llegado emplear a velocidades de **corte** de 200 m/min con resultados satisfactorios.

El cobre y sus aleaciones, y los metales ligeros se maquinan, también, a grandes velocidades con **herramientas** cerámicas. Como resumen puede admitirse que la velocidad de **corte** de las cuchillas de cerámica pueden llegar a ser de 1,5 a 4 veces superior a la correspondiente a las cuchillas de carburo, con alta significación económica que resulta de poder elevar los regímenes de **corte**, elevando la productividad de las máquinas, economizando tiempo y materiales, disminuyendo tiempos de afilados, etc.

***TÉCNICAS DE FABRICACIÓN.***

1. ***Conformación hidroplástica:*** Una mezcla de agua y arcilla es lo suficientemente plástica como para ser moldeada y aun extruida dentro de un molde, ladrillos, tuberías, bloques cerámicos jarrones artísticos son todos fabricados usando esta técnica.
2. ***Función por deslizamiento:*** Consiste en una suspensión de arcilla y/o otro material no plástico en agua la cual se vierte en un molde poroso con la forma definitiva de la pieza el cual absorbe el agua quedando una capa sólida en la pared del molde cuyo espesor dependerá del tiempo de exposición, el material en exceso es drenado antes de la operación de secado. Formas cerámicas complejas son producidas por este método por ejemplo muebles sanitarios, objetos de arte, recipientes cerámicos para laboratorios científicos, etc.

***Secado y quemado:***

A la pieza cerámica obtenida por cualquiera de los métodos anteriores se debe eliminar el líquido en exceso antes del quemado definitivo para evitar defectos como las grietas y la distorsión que resultan de una absorción no uniforme de la humedad, una vez logrado esto se realiza el quemado a temperaturas entre 900 y 1400 °C en dependencia de la composición y las propiedades deseadas en la pieza final.

**III. CERÁMICAS REFRACTARIAS.**

La principal característica de este tipo de materiales la capacidad de soportar altas temperaturas sin fundirse o descomponerse y la habilidad de mantenerse inertes cuando son expuestos a ambientes severos, adicionalmente son capaces de provocar aislamiento térmico. En base a su comportamiento dependiente de la composición se clasifican en arcillas refractarias, silicatos, refractarios básicos y refractarios especiales

Muchos materiales comerciales de este tipo consisten en partículas grandes (o gruesas) y finas, las cuales pueden tener diferente composición, las partículas finas generalmente son responsables del aumento de la resistencia.

**IV. ABRASIVOS.**

Las cerámicas abrasivas son utilizadas en ruedas abrasivas, rectificadoras o herramientas de corte (discos), por lo que el primer requisito de este grupo de materiales es la dureza y resistencia al desgaste adicionalmente un alto grado de tenacidad y rigidez es esencial para asegurar que las partículas abrasivas no se fracturen fácilmente.

Los diamantes naturales y sintéticos son utilizados como abrasivos sin embargo son relativamente costosos,por lo que los más comunes incluyen el carburo de silicio, carburo de tungsteno, oxido de aluminio (corundum) y arena de silicio.

***TÉCNICAS DE FABRICACIÓN.***

Se fabrican principalmente po r pulvimetalurgia o prensado de polvos que puede ser de tres tipos:

1. uniaxial
2. isostático (hidrostático)
3. prensado en caliente.

Para los dos primeros una operación de quemado final denominado ***sinterizado*** es necesaria para reducir la porosidad y mejorar la integridad mecánica, en el prensado en caliente ambos procesos ocurren en forma simultánea.

**Fundición en tiras.**

Consiste en una nueva forma de fabricación de los materiales cerámicos en el que finas capas flexibles son obtenidas en un proceso similar al de la fundición por deslizamiento al que se agrega plastificantes que son incorporados para impartir resistencia y flexibilidad. El espesor de las tiras esta entre 0,1 y 2 mm y pueden ser cortadas o perforadas con facilidad antes de la operación de quemado. Son ampliamente usados como sustrato de circuitos integrados y capacitores multicapas.

***Cerámicas de avanzada.***

Son materiales cerámicos de nueva generación utilizados en motores de combustión interna, turbinas, armamentos, electrónica o herramientas de corte.

**CONCLUSIONES.**

1. Los polímeros son compuestos orgánicos de alto peso molecular, natural o sintético formado de moléculas gigantes, cuya estructura puede representarse por una unidad pequeña repetida, el monómero (ej., polietileno, caucho, celulosa, nylon).
2. Los plásticos son polímeros naturales (hidrocarburos, productos de hidratos de celulosa, lana, albúminas, etc.) o artificiales (polímeros: oleofínicos, vinílicos, acrílicos, copolímeros, poliuretanos, aminoplásticos, poliamidas, poliésteres, silicona, etc.) a los que se les agregan rellenos, plastificadores, estabilizadores, colorantes, solidificadores (endurecedores) y otras adiciones especiales (ingredientes).
3. los materiales cerámicos gozan de un amplio campo de aplicaciones, derivadas de las propiedades físicas, químicas y estructurales que poseen; llegando a abarcar no solo la parte ingenieril, sino varias esferas de la ciencia, entre ellas la medicina, y muchas otras.
4. Los materiales cerámicos avanzan, satisfaciendo las especiales demandas que las nacientes tecnologías hacen de nuevos materiales, con los que se obtengan propiedades óptimas y a la vez sean económicos.

**Bibliografía.**

CALLISTER, WILLIAM D. Materials Science and Engineering. An Introduction. Fifth

Edition. Departament of Metallurgical Engineering. University of Utah. John Wiley &

Sons, Inc., 1999. 8195 pp. ISBN 0-471-32013-7

CALLISTER, WILLIAM D. Ciencia e Ingeniería de Materiales. Una Introducción. Quinta Edición. Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Universidad de Utah. John Wiley & Son, Inc, 1999. 8195 pp. ISBN 0-471-32013-7

GULIAEV, A P. Metalografía. Tomos I y II. Editorial Mir. Moscú. 1983. p 186 188.

KOZLOV, Y. Ciencia de los Materiales – 1 ed -. Editorial MIR. Moscú. 1986. p 76 –

78.

LAJTIN, Y. Metalografía y tratamiento térmico de los metales – 1 ed -. Editorial MIR.

Moscú. 1973. p 359 – 360.